

Spektroscopie

L. Grebe





Ein vollständiges … Aus Natur
und Geisteswelt" … s Bandes.

„Au elt"

die nunm dbliden
darf und zweiter
bis vierte Wunsche,
an der E mwirken.
Sie soll dung in
Kasten d rten es
ermöglich ziell ar-
beitenden rungen-
schaften dung zu
dienen, b er Fülle
von Lehr Hypo-
thesen ih ständnis
dafür zu icht hat,
über wi zu ver-
breiten. gen er-
zielten A der zur
Lösung r ewinnen
über den

Es i lle Welt
sich mit phischen
Studien nsch an
einem P te meist
der Beru eit und
Selbständ Sinne
bieten di de dem
„Laien" keit und
lebendige t.

Freilich kann diese gute und allein berechtigte Art der Popularisierung der Wissenschaft nur von den ersten Kräften geleistet werden; in den Dienst der mit der Sammlung verfolgten Aufgaben haben sich denn aber auch in dankenswertester Weise von Anfang an die besten Namen gestellt, und die Sammlung hat sich dieser Teilnahme dauernd zu erfreuen gehabt.

So wollen die schmucken, gehaltvollen Bände die Freude am Buche wecken, sie wollen daran gewöhnen, einen kleinen Betrag, den man für Erfüllung körperlicher Bedürfnisse nicht anzusehen pflegt, auch für die Befriedigung geistiger anzuwenden. Durch den billigen Preis ermöglichen sie es tatsächlich jedem, auch dem wenig Begüterten, sich eine kleine Bibliothek zu schaffen, die das für ihn Wertvollste „Aus Natur und Geisteswelt" vereinigt.

Leipzig, 1909. **B. G. Teubner.**

Aus Natur und Geisteswelt
ammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen
284. Bändchen

Spektroskopie

von

Dr. L. Grebe
Assistent am Physikal. Institut
der Universität Bonn a. Rh.

Mit 62 Figuren im Text
und auf 2 Doppeltafeln

Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1910

Vorwort.

Im vorliegenden Bändchen ist der Versuch gemacht worden, einen der jüngsten Zweige der Physik, die Spektroskopie, in populärer Weise darzustellen. Populär in dem Sinne, daß zum Studium des Bändchens nicht mehr an Vorkenntnissen vorausgesetzt wird, wie es etwa unsere höheren Lehranstalten bis zur Sekunda vermitteln. Ein reges Interesse und ein gutes Verständnis für physikalische Fragen wird natürlich jeder, der ein derartiges Gebiet populär behandelt, voraussetzen müssen. Jedenfalls sind die Ergebnisse der spektroskopischen Forschung so interessant und ihre praktischen Anwendungen so wichtig, daß ihre allgemeinere Kenntnis wohl wünschenswert erscheint.

Herr Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Kayser war so liebenswürdig, das Bändchen in der Korrektur einer Durchsicht zu unterziehen, wofür ihm auch an dieser Stelle herzlich gedankt sei. Auch Herrn Dr. H. Pohl, der mir bei der Korrektur behilflich war, schulde ich Dank.

Bonn, Juli 1909.

L. Grebe.

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Geschichte der Spektroskopie.

1. Von Newton bis Fraunhofer.

Die Spektroskopie als Wissenschaft nimmt ihren Ausgang von einer Entdeckung Newtons. Newton fand nämlich, daß weißes Licht, etwa das Licht unserer Sonne, beim Durchgang durch ein Prisma in eine Reihe von Farben zerlegt wird. Im Jahre 1672 überreichte er der Royal Society eine Abhandlung, in der er die Untersuchungen, die er über diesen Gegenstand angestellt hatte, beschreibt. Die Versuche selbst stammen aus dem Jahre 1666. Der wichtigste dieser Versuche ist der folgende: In ein dunkles Zimmer fällt durch eine Öffnung Sonnenlicht, welches auf der gegenüberliegenden Wand einen hellen Fleck bildet. Wenn Newton nun in den Weg der Strahlen ein Glasprisma bringt, so wird der Lichtstrahl erstens von seinem Wege abgelenkt, und zweitens wird der weiße Fleck an der Wand in einen farbigen Streifen, der sich aus den Farben des Regenbogens zusammensetzt, verwandelt. Newton erklärt die Erscheinung auch sofort richtig, indem er annimmt, das weiße Licht der Sonne sei nicht einheitlich, sondern aus verschiedenen Farben zusammengesetzt, die durch das Prisma verschieden stark abgelenkt werden. Den entstehenden Farbenstreifen nennt Newton ein Spektrum, so gleichzeitig für unsere Wissenschaft den Namen prägend.

Die Fundamentalentdeckung Newtons blieb lange Zeit allein. Mehr als hundert Jahre dauerte es, bis die Kenntnis über das Spektrum Fortschritte machte. Erst das für die Entwicklung der Naturwissenschaften überhaupt so fruchtbare 19. Jahrhundert brachte neue Entdeckungen. So fand Herschel im Jahre 1800, daß das Sonnenspektrum an seinem einen Ende, wo es mit Rot endigt, noch unsichtbare Strahlen enthält, die über jenes hinausreichen. Herschel beschäftigte sich nämlich mit der Wärmewirkung der verschiedenfarbigen Strahlen und brachte deshalb ein Thermometer in das Spektrum, das er mit einem außerhalb des Spektrums befindlichen Thermometer verglich. Er beobachtete dabei, daß das Quecksilber

nach dem roten Ende des Spektrums hin immer mehr stieg, daß es aber seinen höchsten Stand erst jenseits des Rot erreichte. Er schloß daher, daß außer den sichtbaren Strahlen auch unsichtbare Strahlen im Spektrum vorhanden sind, die man, weil sie jenseits des Rot liegen, als ultrarote Strahlen bezeichnet hat. Eine ganz ähnliche Entdeckung machte im folgenden Jahre J. W. Ritter am andern Ende des Spektrums, das violette Strahlen enthält. Ritter beschäftigte sich nämlich mit der Einwirkung der verschiedenen Farben auf das Chlorsilber, das sich bekanntlich unter der Einwirkung des Lichtes schwärzt. Er stellte dabei fest, daß es hauptsächlich die blauen und violetten Strahlen sind, die diesen Einfluß auf das Chlorsilber haben, daß aber die Einwirkung noch jenseits des Violett vorhanden ist. Den ultraroten Strahlen entsprechend hat man diese als ultraviolette Strahlen bezeichnet.

Im Jahre 1802 fand Wollaston, daß das Sonnenspektrum nicht einfach, wie Newton und die Beobachter nach ihm geglaubt hatten, ein lückenloser Farbstreifen ist, sondern daß zwischen den einzelnen Farben Zwischenräume vorhanden sind. Diese Entdeckung Wollastons, die die erste Erwähnung der später von Fraunhofer wieder entdeckten und ausführlich beschriebenen dunklen Linien im Sonnenspektrum enthält, wurde jedoch bald wieder vergessen, zumal auch Wollaston selbst sich nicht weiter damit beschäftigte. Auch seine Entdeckung einer hellen gelben Linie im Spektrum des Lichtes einer Kerze hat für die weitere Entwicklung unserer Wissenschaft keinerlei Bedeutung.

2. Von Fraunhofer bis Kirchhoff und Bunsen.

Einen wirklich bedeutenden Fortschritt brachte erst wieder Fraunhofer. Er beschäftigte sich mit der Herstellung achromatischer Fernrohre und brauchte dazu die genaue Kenntnis der Brechungsexponenten der verwendeten Gläser für die verschiedenen Spektralfarben. Er suchte deshalb nach einer Möglichkeit, Farben aus bestimmten Teilen des Spektrums genau wiederzufinden, und blendete zu dem Zwecke zuerst Stücke aus dem Spektrum heraus. Die Farben dieser Teile mußte er subjektiv abschätzen. Da unsere Sinne aber ein sehr schlechtes Mittel zur absoluten Bestimmung sind, so war es sehr wünschenswert, die Farben auf andere Art zu bestimmen. Als nun Fraunhofer zu seinen Versuchen auch das Sonnenlicht benutzte, fand er, daß das Spektrum dieses Himmelskörpers von einer ganzen Menge dunkler Streifen durchzogen ist, die immer an der-

selben Stelle des Spektrums liegen. Sie waren daher ein vorzügliches Mittel, eine Stelle des Spektrums immer wiederzufinden. Damit hatte Fraunhofer die Möglichkeit, Brechungsexponenten für genau definierte Spektralfarben festzustellen, und dadurch erreichte er sehr exakte Fernrohrkonstruktionen, die noch heute teilweise in Gebrauch sind. Die dunklen Linien im Sonnenspektrum bezeichnete Fraunhofer mit den Buchstaben *A* bis *H*, und außerdem gab er eine Zeichnung derselben. Wie sorgfältig Fraunhofer bei seinen Arbeiten zu Werke ging, zeigt auch diese Zeichnung, die in ihrer Vollkommenheit eine der modernen Photographien des Sonnenspektrums vortäuscht. Fig. 1 (s. Tafel) gibt eine Abbildung dieser Fraunhoferschen Zeichnung.

Auch die Spektren irdischer Lichtquellen untersuchte Fraunhofer. So betrachtete er das Spektrum der „Elektrizität", d. h. eines elektrischen Funkens und fand, daß es aus hellen Linien bestehe. Auch Sternspektra untersuchte Fraunhofer bereits. So sah er im Spektrum der Venus dieselben dunklen Linien wie in der Sonne, während sich das Spektrum des Sirius davon verschieden ergab.

Ein weiterer bedeutender Schritt Fraunhofers war die Erfindung und Herstellung der Beugungsgitter, die, wie wir später sehen werden, in der heutigen Spektroskopie eine große Rolle als Spektralapparate spielen. Fraunhofer, der sich vollkommen auf den Boden der damals noch lange nicht allgemein angenommenen Schwingungstheorie des Lichtes stellte, benutzte seine Gitter auch schon zur absoluten Wellenlängenbestimmung, die er für eine Reihe der Linien des Sonnenspektrums durchführte. Leider setzte der Tod dem Leben dieses mit so ungemein klarem Blick begabten Forschers ein zu frühes Ziel. Fraunhofer starb, erst 39 Jahre alt, im Jahre 1826.

Nach Fraunhofer folgt wieder eine Zeit des Suchens und Tastens ohne wesentliche Erfolge. Wohl wurden immer wieder und wieder Spektra untersucht, wobei besonders Brewster auch eine Zeitlang der richtigen Deutung ihrer Entstehung sehr nahe war, aber positive Fortschritte in der Erklärung der spektralen Erscheinungen wurden nicht gemacht, und auch Brewster änderte schließlich seine richtigen Ansichten wieder um. Ein wichtiges Resultat der Brewsterschen Untersuchungen ist indes die Feststellung der terrestrischen, oder wie ihr Entdecker sie nannte, der atmosphärischen Linien im Sonnenspektrum. Brewster fand nämlich, daß verschiedene der Fraunhoferschen Linien ihren Ursprung nicht auf der Sonne haben könnten, da sie sich in ihrer Stärke je nach dem Weg, den sie in der Erd-

atmosphäre zurückzulegen haben, ändern. Er schrieb die Entstehung dieser Linien daher der Erdatmosphäre zu. Diese Brewstersche Entdeckung fällt in das Jahr 1837. Auch Untersuchungen von Fox Talbot brachte diese Zeit, und manchmal sieht es auch hier wie bei Brewster so aus, als ob schon die Anfänge der Spektralanalyse erkannt worden wären. Denn Talbot zeigt schon, daß man die Elemente Lithium und Strontium spektroskopisch unterscheiden kann; aber auch hier sind die Vorstellungen verworren, und zu einer Klarheit kommt es nicht.

Eine wichtige Entdeckung ist noch zu erwähnen, wenn sie auch ihre Bedeutung für die Spektroskopie erst in neuester Zeit gewonnen hat. Im Jahre 1842 stellte Doppler das nach ihm benannte Prinzip für eine Wellenbewegung auf. Er zeigte, daß das Licht einer Lichtquelle, die sich auf uns zu bewegt, eine Farbenänderung erleiden müsse. Die Anwendung, die Doppler von seinem Prinzip machte, war jedoch falsch; er wollte nämlich mit Hilfe dieses Prinzipes die verschiedene Färbung der Fixsterne erklären, aber eine solche Erklärung ist, wie aus den auf Seite 59 gegebenen Ausführungen hervorgeht, nur für Licht einer Wellenlänge richtig, nicht aber für ein kontinuierliches Spektrum. Erst Fizeau sprach 1848 das Prinzip richtig aus. Wie schon erwähnt, hat dieses so ungemein wichtige Prinzip, über dessen Richtigkeit sich übrigens eine lange Kontroverse erhob, erst in neuerer Zeit für die Spektroskopie sich fruchtbar erwiesen.

Über die übrigen Arbeiten dieser Zeit können wir sehr schnell hinweggehen. Manchmal scheint es wieder in der folgenden Zeit, als ob einige Forscher am Rande der Entdeckung der Spektralanalyse ständen, so z. B. bei Angström und besonders bei Plücker, der zu Ende der 50er Jahre seine Untersuchungen über Gasspektra in den Geißlerschen Röhren veröffentlichte. Noch mehr als die Arbeiten selbst zeigen die auf den im Bonner Physikalischen Institut noch vorhandenen Röhren befindlichen Bemerkungen, daß Plücker in der Tat der richtigen Erkenntnis der Spektralerscheinungen äußerst nahe war. Aber, wie so häufig, mußte auch hier die Hand des Genies erst eingreifen, um Klarheit und Ordnung in den Wust der vorhandenen Erscheinungen, Beobachtungen und Vermutungen zu bringen. Diese Klarheit wurde gebracht durch die Untersuchungen von Kirchhoff, die im Jahre 1860 begonnen und teilweise zusammen mit Bunsen ausgeführt wurden.

3. Die Entdeckungen von Kirchhoff und Bunsen.

Kirchhoff und Bunsen waren die ersten, die entschieden den Satz aufstellten, daß jedes Element ein charakteristisches Spektrum habe, wenn es in Dampfform auf hohe Temperatur gebracht werde. Sie waren auch die ersten, die auf die gewonnene Erkenntnis eine Methode der chemischen Analyse, die Spektralanalyse, gründeten und die Spektra einer Reihe von Elementen untersuchten. Besonders die Alkalimetalle und die Erdalkalien zogen sie in den Kreis ihrer Betrachtungen und bewiesen die Fruchtbarkeit ihrer neuen Methode gleich damit, daß sie zu den bekannten Alkalimetallen noch zwei neue, auf spektroskopischem Wege entdeckte, hinzufügten, die als Rubidium und Zäsium bezeichnet wurden.

Schon vor dieser Arbeit von Kirchhoff und Bunsen hatte Kirchhoff allein eine Arbeit veröffentlicht, die vielleicht noch wichtiger als die eben erwähnte ist, und die sich mit der Umkehrung der Spektrallinien beschäftigte.

Er entwarf ein Sonnenspektrum und ließ die Sonnenstrahlen, ehe sie auf den Spalt fielen, durch eine kräftige Kochsalzflamme hindurchgehen. Wenn das Sonnenlicht hinreichend schwach war, erschienen an der Stelle der Fraunhoferschen *D*-Linien zwei helle Linien. Wurde aber das Sonnenlicht sehr hell, so waren im Sonnenspektrum die *D*-Linien dunkler als zuvor. Kirchhoff bringt die *D*-Linien auch künstlich hervor; er läßt das Licht einer kontinuierlichen Lichtquelle, nämlich des Drummondschen Kalklichtes, ehe es auf den Spalt des Spektroskopes fällt, durch die Kochsalzflamme fallen. Dann zeigen sich im Gelb zwei dunkle Linien, die in Lage und Aussehen vollkommen mit den *D*-Linien übereinstimmen. Dasselbe macht er mit einer Lithiumflamme und kommt zu dem Schlusse, „daß farbige Flammen, in deren Spektrum helle, scharfe Linien vorkommen, Strahlen von der Farbe dieser Linien, wenn dieselben durch sie hindurchgehen, so schwächen, daß an Stelle der hellen Linien dunkle auftreten, sobald hinter der Flamme eine Lichtquelle von hinreichender Intensität aufgestellt wird", ferner, „daß die dunklen Linien des Sonnenspektrums, welche nicht durch die Erdatmosphäre hervorgerufen werden, durch die Anwesenheit derjenigen Stoffe in der glühenden Sonnenatmosphäre entstehen, welche in dem Spektrum einer Flamme helle Linien an demselben Orte erzeugen. Man darf annehmen, daß die hellen mit *D* übereinstimmenden Linien im Spektrum einer Flamme stets von dem Natrium-

gehalt derselben herrühren; die dunklen Linien *D* im Sonnenspektrum lassen daher schließen, daß in der Sonnenatmosphäre Natrium vorkommt." Wir haben also hier schon das Kirchhoffsche Gesetz entschieden ausgesprochen. In einer weiteren Arbeit führt Kirchhoff dann diese Schlüsse weiter aus und begründet sie theoretisch. Im Jahre 1861 erschien auch das spektroskopische Hauptwerk Kirchhoffs, die Zeichnung des Sonnenspektrums und der Funkenspektra einer großen Anzahl von Elementen, durch das die Richtigkeit seiner Theorie der Fraunhoferschen Linien nachgewiesen werden sollte. Auch die jetzt fast allgemein angenommene Theorie über die Konstitution der Sonne stammt von Kirchhoff und fällt in diese Zeit (1863). Bis dahin hatte man angenommen, die Sonne sei ein kalter Körper, der von einer undurchsichtigen und einer glühenden Hülle umgeben sei. Kirchhoff nahm jetzt einen glühend festen oder flüssigen Kern und eine gasförmige Hülle an.

Wir sehen also, daß die Kirchhoffschen Arbeiten einen großen Teil von dem, was wir heute über Spektroskopie wissen, aufgeklärt haben. Es hat nicht an Angriffen gegen Kirchhoffs Priorität dieser Entdeckungen gefehlt. Möglicherweise hat auch der eine oder der andere Physiker der damaligen Zeit sich die Sache ähnlich vorgestellt wie Kirchhoff; so umfassend und klar wie er hat jedoch keiner vor ihm die Verhältnisse der Emission und Absorption erkannt, geschweige denn ausgesprochen.

4. Die neuere Spektroskopie nach Kirchhoff.

Kirchhoff und Bunsen hatten nur Spektren von Elementen gekannt, wenn auch Kirchhoff schon die Möglichkeit von Verbindungsspektren aussprach. Ungefähr zu derselben Zeit, nämlich 1864, veröffentlichte Mitscherlich eine Arbeit, in der er zuerst Verbindungsspektren beschrieb und auch schon Beziehungen zwischen solchen aufstellte. Kirchhoff und Bunsen hatten auch vermutet, daß jedes Element nur e i n charakteristisches Spektrum habe. Daß dem nicht so sei, wiesen 1865 Plücker und Hittorf nach, indem sie fanden, daß die Spektren eines Elementes ganz wesentlich von den Erzeugungsbedingungen abhängig seien.

In diese Zeit fällt auch die Entdeckung einer Anzahl neuer Elemente mit Hilfe der Spektroskopie, nämlich des Thalliums durch Crookes 1861 und des Indiums durch Reich und Richter 1863. Später wurde das Gallium durch Lecoq de Boisbaudran entdeckt.

Auch die Spektroskopie der Gestirne setzt in dieser Zeit wieder ein, und unter den Forschern, die sich diesem Arbeitsgebiet zuwandten, sind besonders Huggins und Secchi zu nennen. Huggins versuchte auch zuerst, Sternspektra zu photographieren, wie überhaupt in dieser Zeit die Photographie mehr und mehr in den Dienst der spektroskopischen Wissenschaft gestellt wurde. Das wurde in noch ganz bedeutend erhöhtem Maße der Fall, nachdem 1884 H. W. Vogel gezeigt hatte, daß die gewöhnlich nur für kurzwelliges Licht empfindlichen photographischen Platten durch Baden in Farbstofflösungen auch für Strahlen empfindlich gemacht werden können, die mehr am roten Ende des Spektrums liegen. Überhaupt ist die ganze auf Kirchhoffs Entdeckungen folgende Zeit eine Periode äußerst intensiver Arbeit auf spektroskopischem Gebiete.

Absolute Messungen von Wellenlängen wurden ebenfalls wieder ausgeführt. Am wichtigsten ist hier die Arbeit von Angström, die lange Zeit als Grundlage für die weiteren Bestimmungen gedient hat. Sie gibt eine genaue Messung von 9 Fraunhoferschen Linien, die über das ganze Spektrum verteilt liegen, und bestimmt nach diesen Normalen die Wellenlängen von etwa 1000 Fraunhoferschen Linien.

Die Sonnenfinsternis des Jahres 1868 brachte eine ganze Menge Anregungen auf dem Gebiet der Sonnenforschung. Die Untersuchung der Protuberanzen wurde bei der Finsternis selbst hauptsächlich von Janssen, später besonders von Secchi und Lockyer in Angriff genommen. Letzterer entdeckte auch die Linienverschiebungen in den Protuberanzspektren und erklärte sie mit Hilfe des Dopplerschen Prinzipes. Lockyer führte auch für das Element, das die in den Protuberanzen auftretende gelbe Linie, die man mit $D3$ bezeichnet hatte, emittierte, den Namen Helium ein. Daß Ramsay später das Helium auch auf der Erde nachweisen konnte, sei nebenher erwähnt.

Lockyer hat auch eine ganze Reihe irdischer Spektra meist photographisch untersucht. Er ist der Begründer und eifrigste Verfechter der Theorie, daß die verschiedenen Spektren eines Elementes von den verschiedenen Dissoziationszuständen herrühren, in denen die Molekel sich befindet.

1870 konstruierte Zöllner sein Reversionsspektroskop und beobachtete die Linienverschiebung am Sonnenrand. H. C. Vogel konnte mit diesem Instrument die Verschiebung auch messen und daraus annähernd richtig die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne bestimmen.

Bei den Beobachtungen der Spektren der Elemente hat besonders Lecoq de Boisbaudran mitgewirkt. Auch Salet ist hier zu nennen.

Es folgen dann die bolometrischen Arbeiten Langleys über das Sonnenspektrum im Ultrarot in den Jahren 1880—1890 sowie die von Abney, der ultrarote Spektren photographisch untersuchte. E. Becquerel schließlich benutzte die Auslöschung der Phosphoreszenz zur Untersuchung ultraroter Spektra.

Bisher wurde fast immer mit Prismenapparaten gearbeitet. Das wurde ganz anders, nachdem Rowland seine Gitter herstellte, die die Spektra in ganz bedeutend stärkerer Dispersion zu erzeugen gestatteten. Nahm ein Prismenspektrum ziemlich großer Dispersion vielleicht 20 cm ein, so war es mit Hilfe der Gitter ein leichtes, Spektra von 2 m Länge zu erzeugen. Daß dadurch die Kenntnis der Spektra bedeutend gefördert wurde, leuchtet ein. Mit Hilfe seiner vorzüglichen Teilmaschine gelang es ihm, besonders Reflexionsgitter von bis dahin nicht erreichter Güte herzustellen. Mit seiner Maschine konnte er bis zu 1720 Linien pro mm ziehen. Er teilte die Gitter auch zuerst auf Kugelflächen, wodurch er ihnen den Vorteil der direkten Bilderzeugung gab und die Anwendung von Linsen mit ihren Fehlern und ihrer Absorption überflüssig machte. Rowland hat eine ganze Reihe solcher Gitter hergestellt. Leider ist es nach seinem Tode bisher nicht gelungen, Gitter von der Güte der Rowlandschen zu teilen.

Mit Hilfe seiner Konkavgitter hat Rowland dann das Sonnenspektrum photographiert, und auch die Spektren der Elemente wurden mit dem neuen Hilfsmittel eingehend untersucht. Hier sind neben Rowland zu nennen die Namen von Kayser und Runge, Eder und Valenta, Exner und Haschek, Hasselberg und in neuerer Zeit Hagenbach und Konen, die solche Spektren teils in Messungen, teils in Atlanten herausgaben.

Die spektroskopische Theorie ist besonders gefördert worden durch die Untersuchung der Serienspektren durch Balmer, Kayser und Runge und Rydberg 1888—1894 sowie der Bandenspektra durch Deslandres 1885—1888. Ferner sind die Untersuchungen über die Strahlungsgesetze des schwarzen Körpers zu erwähnen, die durch die experimentellen Arbeiten von Paschen, Lummer und Pringsheim, Kurlbaum und Rubens sowie die theoretischen von W. Wien und M. Planck ziemlich abgeschlossen erscheinen. Schließlich ist hier Zeemans Entdeckung der Linienspaltung im Magnetfeld auszuführen.

Zur Geschichte der Spektroskopie gehört auch die Würdigung des ausgezeichneten Handbuchs der Spektroskopie von H. Kayser, das, seit 1900 im Erscheinen, alles, was auf spektroskopischem Gebiete geleistet worden ist, zusammenstellt, und das für jeden Spektroskopisten eine Fundgrube ist und nach seiner Fertigstellung noch in erhöhtem Maße sein wird.

Zweiter Abschnitt.

Spektroskopische Apparate und Methoden.

5. Brechung des Lichtes.

Bewegt sich ein Lichtstrahl durch einen Körper, oder wie man in der Optik sagt, ein Medium von überall gleicher Beschaffenheit, also etwa ein Glas von überall gleicher Dichte, so ist sein Weg geradlinig. Geht der Lichtstrahl aber aus diesem Medium in ein anderes über, dessen Dichte eine andere ist, also aus dem Glas etwa in Luft, so wird er im allgemeinen von seinem Wege abgelenkt, oder wie man sagt, gebrochen. Im neuen Medium bewegt er sich dann wieder geradlinig.

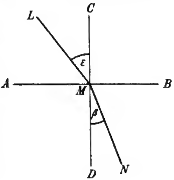


Fig. 2.

Ist in Fig. 2 AB die Trennungsfläche zwischen Luft oben und Glas unten, so geht ein Lichtstrahl LM nicht geradlinig weiter, sondern wird in der Richtung MN abgelenkt. Errichten wir in M die Senkrechte auf der Trennungsfläche, das sogenannte Einfallslot CD und nennen den Winkel des einfallenden Strahles gegen dieses Lot den Einfallswinkel α, den des gebrochenen Strahles gegen dasselbe den Brechungswinkel β, so gilt das von Snellius um 1620 aufgestellte Brechungsgesetz

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n.$$

Dabei ist n eine Konstante, die von der Beschaffenheit der beiden Medien und von der Farbe des einfallenden Lichtes abhängt. Ist, wie in unserm Falle, das erste der beiden Medien Luft, so nennt man n den Brechungsexponenten des zweiten Mediums für die betreffende Farbe. Geht der Lichtstrahl aus dem Vakuum in das Medium über, so spricht man vom absoluten Brechungsexponenten. —

Der Brechungsexponent ist für die meisten Körper größer als 1, d. h., wenn ein Lichtstrahl aus Luft in ein anderes Medium eintritt, so ist der Einfallswinkel größer als der Brechungswinkel, der Lichtstrahl wird zum Einfallslot hin gebrochen. Man nennt ein Medium, bei dem dies der Fall ist, optisch dichter als Luft. Tritt das Licht umgekehrt aus dem optisch dichteren in das optisch dünnere Medium, so ist der Brechungswinkel größer als der Einfallswinkel, der Lichtstrahl wird vom Einfallslot weg gebrochen. In Fig. 2 ist diese Art der Brechung dargestellt, wenn wir die Richtung des Lichtstrahls umkehren, ihn also von N über M nach L betrachten.

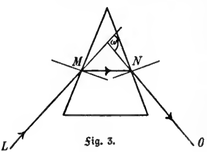


Fig. 3.

Lassen wir einen Lichtstrahl auf einen prismatischen Körper fallen, d. h. auf einen solchen, der zwei unter einem Winkel zusammenstoßende ebene Flächen besitzt, so tritt zweimalige Brechung auf.

Befindet sich etwa ein Glasprisma in Luft, so wird ein Lichtstrahl LM, der auf dasselbe auffällt (Fig. 3), zuerst zum Einfallslot hin gebrochen; er erhält die Richtung MN, tritt bei N wieder in Luft ein und wird infolgedessen vom Einfallslot weg gebrochen. Die beiden Brechungen verstärken sich also hier. Die gesamte Brechung ist in der Figur durch den Winkel ω gegeben.

Ist der Durchgang des Lichtstrahls durch das Prisma wie in der Figur symmetrisch, so ist, wie sich leicht zeigen läßt, der Winkel ω für das Prisma so klein wie möglich. Wir sagen dann, der Strahl geht unter dem Minimum der Ablenkung durch das Prisma hindurch.

6. Dispersion des Lichtes.

Wir haben schon erwähnt, daß der Wert des Brechungsexponenten n außer von der Beschaffenheit des betreffenden Mediums auch von der Farbe des einfallenden Lichtes abhängig ist. Im allgemeinen ist der Brechungsexponent am kleinsten für rotes Licht, größer für gelbe, grüne und blaue Strahlen und am größten für violettes Licht.

Lassen wir also auf ein Glasprisma ein Gemisch aller dieser Farben, wie wir es etwa in dem Lichte der Sonne haben, fallen (Fig. 4), so werden die verschiedenen Farben verschieden stark abgelenkt: Rot am wenigsten, Gelb und Grün stärker, Blau und Violett am stärksten. Die Farben werden also durch die Ablenkung gleichzeitig getrennt.

Diese Erscheinung bezeichnet man als Farbenzerstreuung oder Dispersion des Lichtes.

Folgen die Farben in ihrer Ablenkbarkeit so aufeinander, wie oben angegeben wurde, so spricht man von normaler Dispersion im Gegensatz zur anomalen Dispersion, über die wir später noch zu sprechen haben werden.

Die Farbenzerstreuung durch ein Prisma ist noch dadurch charakterisiert, daß die Änderung des Brechungsexponenten mit der Farbe, also die Größe der Dispersion für die verschiedenen Farben verschieden ist. Für die verschiedenen roten Strahlen ist diese Änderung eine sehr langsame; die roten Strahlen werden also bei ihrer Zerlegung durch ein Prisma nur einen verhältnismäßig kleinen Winkelraum erfüllen. Je mehr wir nach Violett kommen, desto schneller wird die Änderung des Brechungsexponenten mit der Farbenänderung, so daß also die violetten Strahlen bei ihrer Zerlegung einen verhältnismäßig großen Winkelraum einnehmen werden. Danach sieht also ein solches Spektrum des weißen Lichtes etwa folgendermaßen aus. Es beginnt am einen Ende mit einem ziemlich schmalen roten Streifen, der in einen breiteren gelben übergeht; diesem folgt

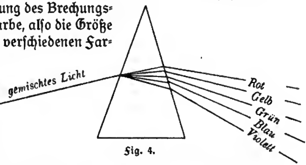


Fig. 4.

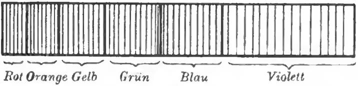


Fig. 5.

ein noch breiterer grüner, ein wieder breiterer blauer und schließlich als breitester ein violetter Streifen (Fig. 5). Das weiße Licht enthält also alle diese Farben, die eben unserm Auge in der Mischung als weiß erscheinen. — Ein solches Spektrum, bei dem die Farben derartig ineinander übergehen, heißt kontinuierliches Spektrum.

Wir werden später noch andere Arten der Erzeugung von Spektren kennen lernen, bei denen die besprochene Verschiedenheit der

Dispersion für die verschiedenen Farben nicht vorhanden ist, die vielmehr für jede Farbe einen gleich breiten Streifen geben. Diese letzteren Spektren nennt man normale Spektren. Die durch ein Prisma erzeugten Spektren sind also in diesem Sinne nicht normal, weil ihre Dispersion nach dem violetten Ende des Spektrums hin zunimmt.

7. Prismenspektroskope.

Das Prisma ist auch heute noch eines der wichtigsten Mittel zur Erzeugung von Spektren. Die Apparate, die in der besprochenen Weise das Licht in seine Farben zerlegen, nennt man Spektroskope, und der Bau eines Spektroskopes ist der folgende (Fig. 6).

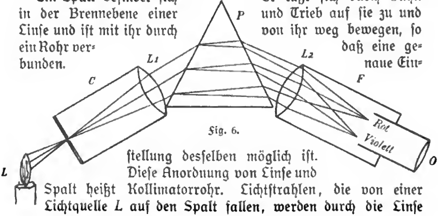


Fig. 6.

Ein Spalt befindet sich in der Brennebene einer Linse und ist mit ihr durch ein Rohr verbunden. Er läßt sich durch Zahn und Trieb auf sie zu und von ihr weg bewegen, so daß eine genaue Einstellung desselben möglich ist. Diese Anordnung von Linse und Spalt heißt Kollimatorrohr. Lichtstrahlen, die von einer Lichtquelle *L* auf den Spalt fallen, werden durch die Linse *L* 1 unter sich parallel gemacht. So fallen sie auf das Prisma *P*, welches derart aufgestellt ist, daß die brechende Kante (in der Figur senkrecht zur Papierebene) parallel zum Spalt steht. Durch das Prisma werden die Strahlen gebrochen und, wenn es sich um zusammengesetztes Licht handelt, in ihre Farben zerlegt. So fallen sie auf die Objektivlinse *L* 2 eines auf Unendlich eingestellten Fernrohrs *F*, wo die verschiedenen parallelen Lichtbüschel wieder zu Spaltbildern vereinigt werden, so daß sie durch die Okularlinse *O* betrachtet werden können. Da die verschiedenen Farben verschieden stark durch das Prisma abgelenkt werden, so werden im Fernrohr so viel Spaltbilder nebeneinander erscheinen, als Farben in dem zu untersuchenden Lichte vorhanden sind.

Bei wirklich einfarbigem Licht tritt nur eins dieser linienförmigen Spaltbilder, eine Linie auf. Ein Gemisch einiger weniger Farben gibt mehrere getrennt voneinander liegende Spektrallinien. Sind

unendlich viele verschiedene Farben vorhanden, die allmählich ineinander übergehen, so entstehen im Fernrohr auch unendlich viele Linien, die unendlich dicht nebeneinander liegen, so daß ein stetig ineinander übergehender Farbenstreifen im Fernrohr entsteht. Ein

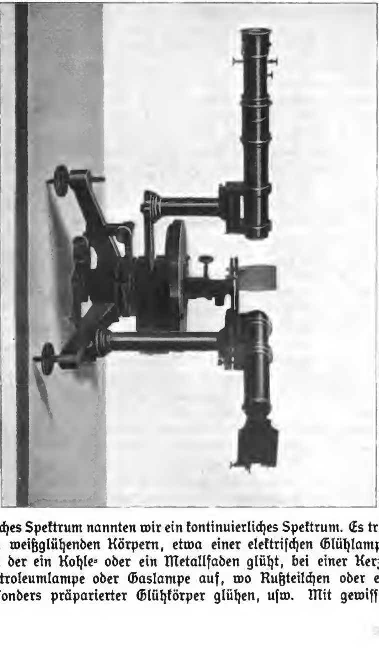


Fig. 7.

solches Spektrum nannten wir ein kontinuierliches Spektrum. Es tritt bei weißglühenden Körpern, etwa einer elektrischen Glühlampe, bei der ein Kohle- oder ein Metallfaden glüht, bei einer Kerze, Petroleumlampe oder Gaslampe auf, wo Rußteilchen oder ein besonders präparierter Glühkörper glühen, usw. Mit gewissen

Einschränkungen, die wir später kennen lernen werden, ist auch das Sonnenspektrum ein kontinuierliches. Im Gegensatz dazu bezeichnet man die Spektren, bei denen nur bestimmte Farben, also einzelne Linien auftreten, als diskontinuierliche Spektren. Wann und unter welchen Umständen diese auftreten, werden wir noch ausführlich zu besprechen haben.

Um die Lage einer Spektrallinie im Fernrohr fixieren zu können, ist in der Einstellebene der Okularlinse meist ein Fadenkreuz aus Spinnwebfäden angebracht, durch das ein Punkt in dem kreisförmigen Gesichtsfeld des Fernrohrs markiert wird. Gleichzeitig ist das Fernrohr um die Prismenmitte auf einem Teilkreis drehbar. Zur Bestimmung der Lage einer Linie stellt man den Durchschnittspunkt der beiden Fäden des Fadenkreuzes auf sie ein und liest dann am Teilkreis die zugehörige Stellung des Fernrohrs ab. Ein so eingerichteter Apparat heißt Spektrometer, und ein solches Instrument ist in Fig. 7 abgebildet.

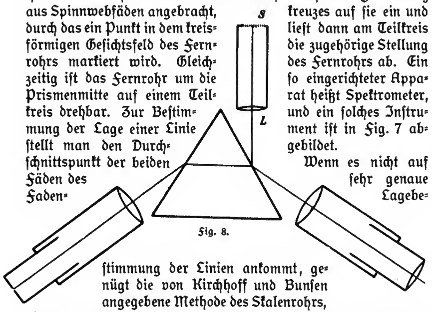


Fig. 8.

Wenn es nicht auf sehr genaue Lagebestimmung der Linien ankommt, genügt die von Kirchhoff und Bunsen angegebene Methode des Skalenrohrs, die von Chemikern viel benutzt wird. Das Skalenrohr besteht aus einer Linse, in deren Brennebene sich eine mikrometrisch auf schwarz lackiertes Glas geteilte Skala *S* befindet, so daß bei Beleuchtung durch eine Lampe nur von den Teilstrichen Licht hindurchgelassen wird. Das Rohr ist so aufgestellt, daß das Bild der Skala an der Prismenfläche, die dem Fernrohr zugewandt ist, reflektiert wird und gleichzeitig mit dem Spektrum ins Fernrohr gelangt (Fig. 8). Man sieht dann über dem Spektrum die Skala hell auf dunklem Grunde und kann so die Lage der zu bestimmenden Spektrallinie ermitteln. Die Skala wird ein für alle Male geaicht. Bei dieser Anordnung ist natürlich das Fernrohr nicht drehbar.

In neuerer Zeit hat Hilger in London ein Prismenspektroskop konstruiert, bei dem Fernrohr und Kollimatorrohr feststehen, das

Prisma dagegen bewegt werden kann. Die Bewegung geschieht mit Hilfe einer Schraube, die mit geteilter Trommel versehen ist, so daß an dieser die Wellenlängen (s. u.) direkt abgelesen werden können.

Wenn der Spektralapparat statt des Fernrohrs eine photographische Kamera enthält, mittels deren man das Spektrum photographieren kann, so nennt man das Instrument einen Spektrographen. Er ist auch in Spektralgegenden verwendbar, wo das Auge zur Beobachtung nicht mehr ausreicht.

Es zeigt sich nämlich, daß das Spektrum keineswegs mit dem Rot an der einen und dem Violett an der andern Seite aufhört, sondern an beiden Seiten noch weiter geht. Das sichtbare Gebiet ist nur ein relativ kleiner Bezirk des Spektrums. Man nennt den Teil, der über das Rot hinausliegt, den ultraroten, denjenigen, der jenseits des Violett liegt, den ultravioletten Teil des Spektrums.

Besonders zur Erforschung des Ultraviolett eignen sich die Spektrographen, da die photographische Platte für solche Strahlen sehr empfindlich ist. Geht man jedoch sehr weit ins Ultraviolett, so dürfen die optischen Teile des Apparates, Prisma und Linsen, nicht aus Glas bestehen, da Glas diese Strahlen nicht mehr hindurchläßt. Man muß dann zu Prismen und Linsen aus Quarz oder, wenn man noch weiter kommen will, zu solchen aus Flußspat greifen. Schließlich darf man nicht einmal mehr in der Luft arbeiten, da auch diese die äußersten ultravioletten Strahlen nicht mehr passieren läßt, sondern muß den ganzen Apparat ins Vakuum bringen.

Einen Spektrographen, wie er besonders für astrophysikalische Zwecke von Steinheil in München gebaut wird, zeigt Fig. 9.

Wenn es sich darum handelt, größere Dispersion zu erzielen, so werden Apparate mit mehreren Prismen verwendet. Dabei ist die Einrichtung getroffen, daß gleichzeitig mit der Drehung des Fernrohrs eine Drehung der Prismen erfolgt, so daß das Licht durch alle unter dem Minimum der Ablenkung hindurchgeht. Die Theorie des Prismas zeigt nämlich, daß die Bilder nur dann scharf werden, wenn die Strahlen unter dem Minimum der Ablenkung hindurchgehen. Übrigens lehrt die Erfahrung, daß es auf die strenge Erfüllung dieser Bedingung nicht ankommt.

Für die spektroskopische Beobachtung ist es oft lästig, daß infolge der Brechung im Prisma Kollimatorrohr und Fernrohr nicht

in einer Richtung liegen. Besonders bei schnellvergänglichen Lichtquellen, die man mit dem Spektroskop betrachten will, ist eine Gleichrichtung beider Rohre erwünscht, weil man nur in diesem Falle



Fig. 9.

sicher nach dem zu beobachtenden Objekt hinzielen kann. Das wird durch die geradsichtigen oder Spektroskope à vision directe erreicht. Sie beruhen darauf, daß zwischen Dispersion und Brechung keine Proportionalität besteht, daß also ein Körper, der stark bricht, nicht immer auch stark dispergieren muß. Es gibt Gläser, die stark dispergieren und schwach brechen, bei denen wenigstens die Dispersion

im Verhältnis zur Brechung klein ist. Zur ersteren gehört das Flintglas, zu letzteren das Crownglas. Bringen wir also hinter ein stark dispergierendes und schwach brechendes Flintglasprisma ein ebensostark brechendes, aber schwach dispergierendes Crownglasprisma, dessen brechende Kante umgekehrt steht (Fig. 10), so wird zwar die Brechung, wenigstens für eine bestimmte Farbe in der Mitte des Spektrums, aufgehoben, die Dispersion aber bleibt bestehen. Durch Benutzung einer geeigneten Anzahl von Prismen kann in solchen Instrumenten eine

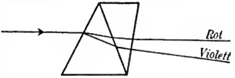


Fig. 10.

bedeutende Zerstreuung erreicht werden. Die sogenannten Taschenspektroskope sind in dieser Weise eingerichtet.

Wenn es sich darum handelt, lichtstarke Spektra von verhältnismäßig geringer Dispersion zu erzielen, so reichen die Prismenspektroskope vollkommen aus. In sehr vielen Fällen genügt jedoch die Zerstreuung dieser Apparate nicht, und dann sind sog. Gitter den Prismenapparaten überlegen. Vor ihrer Besprechung müssen wir aber etwas näher mit der Natur des Lichtes bekannt werden.

8. Wellennatur des Lichtes. Interferenz.

Nach der Undulationstheorie, die für die Erklärung der Erscheinungen, die uns jetzt beschäftigen sollen, ausreicht, stellt das Licht eine Wellenbewegung des Äthers dar. Der Lichtäther ist dabei als ein feiner unwägbarer Stoff anzusehen, der vollkommen elastisch ist und der nicht nur den gesamten Raum außerhalb der Körper, sondern auch diese selbst überall erfüllt. In diesem Äther sollen also die Lichtschwingungen stattfinden, und zwar nimmt die Undulationstheorie an, daß es sich um transversale Schwingungen handelt, d. h. solche, die senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung erfolgen. Die Fortpflanzung selbst findet im Äther mit einer Geschwindigkeit von 300000 km pro Sekunde statt.

Wir müssen nun eine Reihe von Bezeichnungen und Beziehungen kennen lernen, die für die Wellenbewegungen gelten. — Wird ein Ätherteilchen aus seiner Ruhelage gebracht, so wird das nächst benachbarte Teilchen, das ja nach der entwickelten Anschauung über den Äther mit dem ersteren elastisch verbunden sein sollte, ebenfalls aus seiner Ruhelage bewegt, aber etwas später als das erste Teilchen. Das folgende wird noch etwas später folgen, und so pflanzt sich die Bewegung allmählich durch den Äther fort. Der Reihe nach werden alle Ätherteilchen aus ihrer Ruhelage bewegt. Infolge der angenommenen elastischen Kräfte schwingen die Teilchen dann wieder zurück, dann aber infolge der erlangten Geschwindigkeit wieder über die Ruhelage hinaus usw. Auf diese Weise entsteht im Äther eine wellenförmige Bewegung. Die Stelle, wo ein

Teilchen seine weiteste Entfernung aus der Ruhelage hat, also etwa x in Fig. 11, heißt Wellenberg; die entsprechende nach der andern Seite, also y, Wellental. Zwischen Wellenberg und Wellental liegt eine Stelle, an der das Teilchen gerade durch die Ruhelage schwingt. Solche Stellen sind a, a' und b. Dabei ist für die Stellen a und a' der Unterschied vorhanden, daß das in a befindliche Teilchen in der Richtung nach oben schwingen will, während das in a' befindliche gerade die Richtung nach unten einschlägt. In b jedoch ist der Zustand der Schwingung, oder wie man sagt, ihre Phase dieselbe wie in a. Die Entfernung von a bis b, also die Entfernung eines Punktes bis zum nächsten gleicher Phase, heißt die Wellenlänge. —

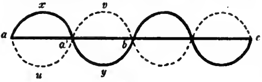


Fig. 11.

Die Zeit, die vergeht, bis die Wellenbewegung von a bis b fortschreitet, also die Zeit, die zum Durchlaufen einer Welle gebraucht wird, heißt Schwingungsdauer. Nennen wir die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes v, die Wellenlänge λ, die Schwingungsdauer T, so besteht offenbar die Gleichung

$$T = \frac{\lambda}{v} \quad \text{oder} \quad \lambda = v \cdot T$$

Denn die Strecke v wird in 1 sek. zurückgelegt, die Strecke 1 also in $\frac{1}{v}$ sek. und die Strecke λ demnach in $\frac{\lambda}{v}$ sek. — Die Anzahl der in 1 sek. ausgeführten Schwingungen heißt Schwingungszahl. Nennen wir sie n, so gilt

$$n = \frac{v}{\lambda} \quad \text{oder} \quad v = n \cdot \lambda,$$

was ohne weiteres einleuchtet. Die Schwingungszahl ist also der Wellenlänge reziprok.

Durch die Wellenlänge eines Lichtstrahls wird seine Farbe bestimmt, und zwar sind die Strahlen kürzester Wellenlänge die ultravioletten, diejenigen längster Wellenlänge die ultraroten. Der Wert dieser Wellenlänge ist für die kürzesten ultravioletten Wellen etwa 0,0001 mm, für die längsten ultraroten Wellen etwa 0,06 mm.

Wenn nun zwei Lichtstrahlen gleicher Wellenlänge, deren Schwingungsebene dieselbe ist, so zusammentreffen, daß der eine an einer bestimmten Stelle des Äthers eine Bewegung nach der einen Seite, der andere eine ebensostarke nach der anderen Seite hervorrufen möchte, so wird der Effekt der sein, daß das Ätherteilchen keiner der beiden Bewegungen folgt, sondern in Ruhe bleibt. In dem von uns betrachteten Falle werden die beiden Lichtstrahlen sich also vernichten. Wir haben demnach hier die Erscheinung, daß eine Vereinigung von Licht und Licht Dunkelheit ergibt. Eine derartige Beeinflussung zweier Lichtstrahlen nennt man Interferenz. In unserm Beispiel waren die interferierenden Wellen um

eine halbe Wellenlänge verschoben. Die Welle *axyb* (Fig. 11) geht ja in die Welle *auvb* über, wenn wir den Punkt *a* nach *a'*, also um eine halbe Wellenlänge, deren ganze Länge *ab* ist, verschieben. Von zwei Wellen, die sich derart voneinander unterscheiden, sagen wir, sie haben einen Gangunterschied von einer halben Wellenlänge. Zwei Wellen vernichten sich natürlich auch, wenn sie um ein ungerades Vielfaches der halben Wellenlänge voneinander verschieden sind, wenn also der Gangunterschied $\frac{3}{2}\lambda$, $\frac{5}{2}\lambda$, $\frac{7}{2}\lambda$ usw. ist.

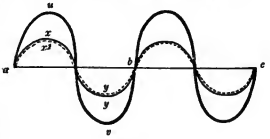


Fig. 12.

Wenn dagegen zwei Wellen gleicher Schwingungsebene so zusammentreffen, daß Berg auf Berg, Tal auf Tal fällt, so verstärken sich die beiden Züge. Aus den Wellen *axyb* und *ax'y'b* (Fig. 12) resultiert die Welle *aμvb*. In diesem Falle haben die beiden interferierenden Wellen keinen Gangunterschied. Dasselbe tritt ein, wenn der Gangunterschied λ, 2λ, 3λ usw., also überhaupt ein ganzes Vielfaches der halben Wellenlänge ist.

9. Das Huygenssche Prinzip. — Beugung.

Gehen von einem leuchtenden Punkte Lichtwellen aus, so werden sie sich in einem Medium von überall gleichmäßiger Beschaffenheit nach allen Richtungen mit der gleichen Geschwindigkeit fortpflanzen. Man wird also um den leuchtenden Punkt als Mittelpunkt Kugelflächen gelegt denken können, auf denen die Phase der Wellenbewegung überall die gleiche ist. Solche Flächen gleicher Phase nennt man Wellenflächen.

Das Huygenssche Prinzip sagt nun aus, daß man die Wirkung eines leuchtenden Punktes im Raum auf einen andern durch die Wirkung aller Punkte einer Wellenfläche ersetzen kann, wobei jeder Punkt der Wellenfläche als Ausgangspunkt einer neuen Wellenbewegung gedacht wird.

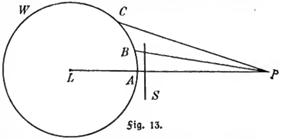


Fig. 13.

Das scheint im Widerspruch mit der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes zu stehen. Denn wenn alle Punkte der Kugel *W* (Fig. 13) auf den Punkt *P* wirkten, so müßte ein Schirm *S* eine Lichtwirkung auf *P* nicht verhindern können. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß infolge von Interferenz sich fast alle Lichtwirkungen der Wellenfläche vernichten, da ja die Wege von den verschiedenen Punkten der Wellenfläche verschieden,

also auch die Phasen der in P ankommenden Wellen ungleich sind. Nur die Wellen von Punkten der Wellenfläche, die dem Punkte A benachbart sind, gelangen nach P und geben so den Anschein der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes.

Anders werden aber die Erscheinungen, wenn man die eben besprochene Vernichtung der nicht aus der Nähe von A kommenden Strahlen verhindert, etwa durch Abblendung bestimmter Wellen.

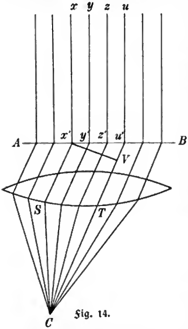


Fig. 14.

Wenn z. B. der Strahl vom Punkte B nötig ist, um in P den vom Punkte C ausgehenden Strahl durch Interferenz zu vernichten, so wird diese Vernichtung nicht stattfinden können, wenn wir den Strahl, der von B ausgeht, abblenden. Setzen wir also einen Schirm hin, der den Strahl von A und den von B wegnimmt, so kann jetzt trotzdem das Licht von C in P wirken, weil es nicht mehr durch das von B vernichtet wird. Wir haben nun keine geradlinige Fortpflanzung des Lichtes mehr, sondern eine Erscheinung, bei der das Licht um den Schirm herumgeführt worden ist. Dieses Phänomen nennen wir Beugung des Lichtes.

10. Gitter.

Beugungserscheinungen sind es auch, auf denen die folgenden Spektralapparate, die Gitter, beruhen.

Nehmen wir an, wir haben ein paralleles Strahlenbüschel, wie es z. B. durch eine praktisch unendlich weit entfernte Lichtquelle, etwa die Sonne, hervorgerufen wird, so sind die Wellenflächen Kugeln um einen unendlich entfernten Mittelpunkt, also Ebenen. Für ein solches Bündel paralleler Strahlen XX', YY', usw. (Fig. 14) ist also die dazu senkrechte Ebene AB Wellenfläche.

Betrachten wir nun die Wirkung dieses Strahlenbündels auf einen Punkt C, der in der Brennweite der Sammellinse L liegt. Die Punkte der Wellenfläche AB wirken auf ihn; aber für jeden Strahl SS' läßt sich, da unendlich viele Strahlen mit unendlich verschiedenen Gangunterschieden vorhanden sind, — natürlich ist das nur bei Büscheln der Fall, die im Vergleich zur Wellenlänge als unendlich dick betrachtet werden können, — ein Strahl finden, TT', der gegen SS' einen Gangunterschied von $\frac{\lambda}{2}$ hat und ihn deshalb vernichtet. Auf den Punkt C kann infolgedessen keine Lichtwirkung stattfinden.

Anders wird die Sache, wenn wir nicht ein praktisch unendlich dickes Strahlenbündel nehmen, sondern aus dem Lichtbündel $XX'VV'$ ein dünnes Stück herausblenden, also etwa in den Weg der Strahlen einen feinen Spalt setzen.

Stellen wir (Fig. 15) den Spalt so, daß seine Ebene senkrecht zu dem parallelen Strahlenbüschel steht, so bildet sie ein Stück der Wellenebene. Nach Huygens' Prinzip gehen von ihr nach allen Richtungen Strahlen aus, also auch z. B. in der Richtung $X'A$, $Y'B$. Vereinigen wir unter Vermeidung von Phasenänderung, etwa durch eine Sammellinse L, die Strahlen $X'A$, $Y'B$ in einem Punkte C, so kommen sie dort mit einer Phasendifferenz an, die durch die Entfernung $Y'Z$ gegeben ist, wobei $X'Z$ auf $X'A$ senkrecht steht. Denn um diesen Betrag ist der Weg des Strahles $Y'B$ bis zu einer Wellenfläche, die immer die Orthogonalfläche des Strahlenbündels, hier also z. B. die Ebene $X'Z$ ist, größer als der von $X'A$. Wenn nun die Phasendifferenz gerade gleich der Wellenlänge des einfallenden Strahles, λ, ist, so läßt sich das Bündel $X'Y'AB$ in zwei Teile zerlegen (in der Figur durch die Linie xy), die sich folgendermaßen zueinander verhalten: Die Phasendifferenz von $X'A$ gegen xy ist $\frac{\lambda}{2}$, ebenso die des zu $X'A$ unendlich benachbarten Strahles gegen denjenigen, der zu xy unendlich benachbart ist. Dasselbe gilt für die Phasendifferenz der diesen beiden Strahlen unendlich benachbarten usf. Zu jedem Strahl des einen Büschels gibt es einen des andern, der gegen ihn eine Phasendifferenz von $\frac{\lambda}{2}$ hat, ihn also durch Interferenz vernichtet. Nach C gelangt also kein Licht, es herrscht Dunkelheit.

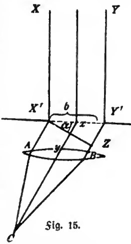


Fig. 15.

Das ist ebenso, wenn $Y'Z$ gleich 2λ ist. Dann läßt sich nach einer Vierteilung des Büschels dieselbe Überlegung anstellen wie vorher. Dasselbe gilt für jedes andere gerade Vielfache von $\frac{\lambda}{2}$.

Anders wenn $Y'Z$ gleich $\frac{\lambda}{2}$. Dann vernichten sich bei der Vereinigung des Büschels durch die Sammellinse wohl die äußeren Strahlen, die einen Gangunterschied von $\frac{\lambda}{2}$ haben, aber die inneren Strahlen des Büschels haben keinen derartigen Gangunterschied mehr und können sich also nicht vollkommen vernichten. An dem diesem Büschel entsprechenden Punkt C muß also Helligkeit vorhanden sein. Ist $Y'Z$ gleich $\frac{3}{2}\lambda$, so können wir das Büschel in drei Teile teilen, von denen zwei sich vernichten, der dritte aber bestehen bleibt. Auch in dem diesem Bündel entsprechenden Punkt herrscht Helligkeit, wenn auch weniger als vorher, weil ja $\frac{2}{3}$ des Büschels vernichtet sind.

Dasselbe gilt für Gangunterschiede $Y'Z = \frac{5}{2}\lambda$, $\frac{7}{2}\lambda$, $\frac{9}{2}\lambda$ usw.

Fragen wir nun, welchen Winkel das abgebeugte Büschel gegen das einfallende haben muß, damit Helligkeit oder Dunkelheit eintritt.

Helligkeit besteht zunächst für das Büschel, das direkt in der Verlängerung des einfallenden liegt, das also den Winkel 0 Grad mit diesem bildet.

Für das nächste mußte $Y'Z$ gleich $\frac{\lambda}{2}$ sein. Nennen wir den Winkel dieses Büschels gegen das einfallende α, so ist auch der Winkel der Wellenebene dieses Büschels gegen die des einfallenden gleich α. Ist die Spaltbreite gleich b, so ist also Helligkeit vorhanden, wenn

$$Y'Z = b \cdot \sin\alpha = \frac{\lambda}{2}$$

ist. Für $\sin\alpha = \frac{\lambda}{2b}$ und ebenso weiter für $\sin\alpha = \frac{3\lambda}{2b}$, $\sin\alpha = \frac{5\lambda}{2b}$ usw. entstehen also helle Streifen. Entsprechend entstehen für $\sin\alpha = \frac{\lambda}{b}$, $\sin\alpha = \frac{2\lambda}{b}$ usw. dunkle Streifen, während zwischen einem solchen hellen und dunklen Streifen die Intensität allmählich übergeht. Die hellen Streifen werden von der Mitte nach beiden Seiten dabei allmählich weniger lichtstark.

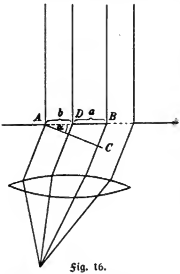


Fig. 16.

Haben wir zwei Spalte (Fig. 16), die durch einen Streifen getrennt werden, so haben wir zwei Büschel, die sich vernichten, wenn $BC = \frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2}$ usw. ist, und sich verstärken, wenn $BC = 0, \lambda, 2\lambda$ usw. ist. Es herrscht also Helligkeit in den Richtungen $\sin\alpha = 0$,

$$\sin\alpha = \frac{2\lambda}{2(a+b)}, \quad \frac{4\lambda}{2(a+b)} \text{ usw.},$$

wenn b die Spaltbreite und a die Breite des dazwischen liegenden Streifens, des sogenannten Balkens ist. Dunkelheit herrscht für $\sin\alpha = \frac{\lambda}{2(a+b)}$, $\frac{3\lambda}{2(a+b)}$ usw. Dabei ist noch zu bemerken, daß für den Fall, wo $a = b$ ist, ebenfalls Vernichtung, also Dunkelheit eintritt, wenn $BC = 2\lambda, 4\lambda, 6\lambda$ usw. ist; denn dann ist $DE = \lambda, 2\lambda, 3\lambda$ usw., und nach den für einen Spalt angestellten Überlegungen vernichten sich dann die Büschel in sich.

Für vier Spalte (Fig. 17) bleibt Helligkeit bestehen, wenn $BC = DE = FC = HI$ gleich $\lambda, 2\lambda, 3\lambda$ usw. ist. Dunkelheit tritt aber außer dem Fall, wo sie auch für zwei Spalte eintrat, noch ein, wenn $DK = \frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}$ usw. ist. Dabei ist natürlich die Helligkeit der Maxima größer geworden als im Fall zweier Spalte, da das Licht aller 4 Spalte ja jetzt für diese benutzt wird.

Entsprechend bleibt die Sache für 8, 16, 32 usw. Spalte. Immer erscheinen Maxima der Helligkeit unter Winkeln, für die

$$\sin\alpha = \frac{2n \cdot \lambda}{2(a+b)},$$

wo $n = 0, 1, 2 \ldots$ usw. und $a + b$ die Breite von Spalt und Balken zusammen ist, eine Größe, die man als Gitterkonstante bezeichnet, wenn man von der Anordnung einer großen Anzahl solcher Spalte nebeneinander als von einem Gitter spricht. Dabei treten, je mehr Spalte man anwendet, immer neue Dunkelheitsmaxima zwischen den hellen Stellen auf, so daß diese immer schärfer begrenzt werden.

Bei sehr vielen Spalten werden — natürlich immer unter der Voraussetzung, daß wir einfarbiges Licht auffallen lassen — die Intensitätsmaxima scharf begrenzte Linien, die von dem mittleren ungebeugten Bilde in gleichen Winkelabständen liegen.

Man bezeichnet die dem direkten Bild unmittelbar benachbarten Beugungsbilder als solche erster, die folgenden als solche zweiter Ordnung usw.

Aus der abgeleiteten Formel für die Lage der Beugungsbilder erkennt man, daß die Entfernung der Bilder vom direkten Bilde abhängig ist von der Wellenlänge des auffallenden Lichtes, daß sie für kleine Winkel, wo wir den Sinus dem Bogen gleichsetzen können, dieser proportional gesetzt werden kann. Die Beugung ist um so geringer, je kleiner die Wellenlänge des auffallenden Lichtes ist.

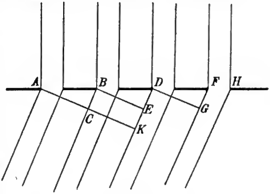


Fig. 17.

Lassen wir also weißes Licht auf das Gitter fallen, so wird Violett am wenigsten, Rot am meisten abgebeugt. Es entsteht also an der Stelle jedes Helligkeitsmaximums für einfarbiges Licht ein Spektrum, das sich aber von einem Prismenspektrum dadurch unterscheidet, daß es erstens umgekehrt ist, weil ja Rot am stärksten, Violett am wenigsten abgelenkt ist, und daß die Dispersion für jedes Spektralgebiet gleich und nicht wie beim Prismenspektrum für Violett am stärksten ist. Das Spektrum ist also hier ein normales.

Aus der Formel sehen wir weiter, daß die Länge eines solchen Spektrums um so größer wird, je kleiner die Gitterkonstante $a + b$ ist; denn mit abnehmender Gitterkonstante wird der Unterschied in der Ablenkung zweier Wellenlängen größer.

Die Schärfe der Abbildung einer Farbe und damit auch die Fähigkeit, zwei sehr benachbarte Wellenlängen noch zu trennen, die sogenannte auflösende Kraft eines Gitters, wächst, wie wir schon sahen, mit der Anzahl der vorhandenen Spalte.

Diese Beugungsgitter, die zuerst von Fraunhofer hergestellt wurden, haben sich unter den spektroskopischen Apparaten augenblicklich wohl den ersten Platz erobert.

Fraunhofer stellte seine Gitter zuerst dadurch her, daß er auf zwei Mikrometerschrauben gleicher Ganghöhe, die in einiger Ent-

fernung voneinander angebracht waren, dünne Drähte wickelte, diese oben und unten an die Schrauben festlötete und dann eine Seite wegschnitt. Dadurch erhielt er ein Gitter, bei dem die Ganghöhe der Schraube den Furchenabstand bildete. Später ritzte Fraunhofer die Furchen in den Belag einer versilberten Glasplatte, um dann schließlich dazu überzugehen, in planparallele Glasplatten einfach mit dem Diamanten Furchen zu ritzen, da sich zeigte, daß diese Gitter ebenso wirkten wie die anderen.

In neuerer Zeit hat Rowland in Baltimore hauptsächlich Gitter auf Spiegelmetall geteilt, die in Reflexion verwendet werden. Die Theorie dieser Reflexionsgitter ist im wesentlichen dieselbe wie die der ebenen.

Rowland machte auch, um Linsen zu vermeiden, zuerst den Versuch, die Gitter auf eine konkave Kugelfläche (nicht Zylinderfläche, wie meist fälschlich angegeben wird) zu teilen. Mit seiner vorzüglichen Teilmaschine konnte er bis zu etwa 800 Linien pro mm ziehen und eine große Fläche teilen, so daß diese Gitter große Dispersion und große auflösende Kraft haben. Natürlich ist die Herstellung einer so feinen Gitterteilung mit großen Schwierigkeiten verbunden, da es für die Güte der Gitter sehr wesentlich ist, daß die Furchen erstens genau gleichen Abstand haben, zweitens aber auch im Querschnitt dieselbe Form besitzen. Sehr kleine Unregelmäßigkeiten in der Temperatur des Raumes, in dem die Teilung ausgeführt wird, genügen schon, durch Wärmeausdehnung des zu teilenden Spiegels den Furchenabstand so ungleichmäßig zu machen, daß das Gitter unbrauchbar wird; schon die Körperwärme eines im Raume anwesenden Menschen ist infolgedessen schädlich. Die Rowlandsche Teilmaschine arbeitete deshalb in einem Raum von sehr gleichmäßiger Temperatur vollkommen automatisch. Sie wurde eingestellt und erst, nachdem sie eine Zeitlang sich selbst überlassen war, bis der durch die Anwesenheit des sie Bedienenden entstandene Temperaturunterschied sich ausgeglichen hatte, von außen in Gang gesetzt. Nach beendeter Teilung wurde die Maschine ebenfalls von außen abgestellt, und dann nahm man das Gitter aus der Maschine heraus, um sehr häufig festzustellen, daß infolge Abbrechens des Diamanten während der Teilung die ganze Arbeit vergeblich gewesen war.

Rowland hat auf diese Weise mit 3 verschiedenen Maschinen eine Anzahl ebene Gitter sowie Konkavgitter von 1 m bis etwa 6,6 m Krümmungsradius geteilt.

11. Gitterspektroskope.

Um ein ebenes Gitter als Spektroskop zu benutzen, braucht man ebenso wie beim Prisma Kollimatorrohr und Fernrohr. Letzteres kann zur Fixierung des Bildes wieder durch eine photographische Kamera ersetzt werden. Fig. 18 zeigt die Einrichtung für ein durchsichtiges Gitter. Das Fernrohr ist wieder wie beim Prismenspektroskop um die Gittermitte drehbar. Beim Reflexionsgitter befinden sich entsprechend Kollimator- und Fernrohr auf derselben Seite des Gitters.

Die Aufstellung eines Konkavgitters ist die folgende: Gitter, Spalt und photographische Platte befinden sich auf einem Kreise, dessen

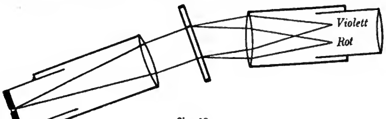


Fig. 18.

Durchmesser gleich dem Krümmungsradius des Gitters ist, so daß immer Gitter und photographische Platte an den beiden Enden eines Durchmessers liegen und die Achse des Gitterhohlspiegels die Mitte der Platte trifft. Die Theorie des Gitters zeigt nämlich, daß bei einer derartigen Aufstellung das erzeugte Spektrum immer ein normales ist, und daß es immer auf dem durch Gitter, Spalt und Kamera bestimmten Kreise liegt. Rowland erfüllte diese Bedingungen dadurch, daß er das Gitter und die Kassette für die photographische Platte im Abstand des Krümmungsradius auf einer Schiene befestigte; diese war beiderseitig auf Wagen gelegt, die sich um eine vertikale Achse zur Schiene drehen konnten. Die Wagen liefen auf Schienen, die gegeneinander einen rechten Winkel bildeten (Fig. 19), so daß der das Gitter und die Kamera tragende Balken für jede Stellung die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks bildete. Über der Spitze dieses rechtwinkligen Dreiecks stand der Spalt ein für allemal fest. Lassen wir nun Licht durch den Spalt auf das Gitter fallen, so wird es durch das Gitter in ein Spektrum ausgebreitet, und ein bestimmter Teil dieses Spektrums gelangt in die Kassette. Will man einen andern Teil des

Spektrums photographieren, so hat man nur die Schiene mit Gitter und Kamera in eine andere Stellung zu rollen. Denn dann fällt das vom Spalt ausgehende Licht unter einem andern Winkel auf das Gitter, und zur photographischen Platte werden infolgedessen andere Strahlen gelangen.

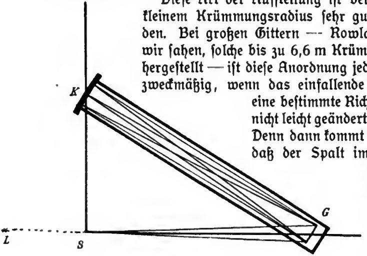


Fig. 19.

Diese Art der Aufstellung ist bei Gittern mit kleinem Krümmungsradius sehr gut zu verwenden. Bei großen Gittern — Rowland hat, wie wir sahen, solche bis zu 6,6 m Krümmungsradius hergestellt — ist diese Anordnung jedoch nur dann zweckmäßig, wenn das einfallende Licht immer eine bestimmte Richtung hat, die nicht leicht geändert werden kann. Denn dann kommt es darauf an, daß der Spalt immer an derselben Stelle bleibt und die Richtung der auf das Gitter fallenden Strahlen sich nicht ändert. So war es bei Rowland, der sich hauptsächlich mit Untersuchungen über das Sonnenspektrum beschäftigte und das Sonnenlicht durch einen Heliostaten in das Beobachtungszimmer führte. Wenn jedoch die zu untersuchende Lichtquelle leicht beweglich ist, wenn es sich also um die Untersuchung irdischer Lichtquellen handelt, so ist die Rowlandsche Aufstellung des Konkavgitters außerordentlich unzweckmäßig, und zwar deswegen, weil bei ihr die schweren Teile der Aufstellung, nämlich Gitter und Kamera bewegt werden, während der leichte Spalt fest steht. Die Stabilität der Aufstellung wird also gefährdet, besonders auch aus dem Grunde, weil die lange Verbindungsschiene zwischen Gitter und Kamera sich leicht durchbiegt und Erschütterungen in starkem Maße ausgesetzt ist. Auf eine sehr stabile Justierung muß aber bei feineren Messungen mit dem Gitter ganz besonderer Wert gelegt werden. Deshalb ist für die meisten Fälle eine andere Art der Aufstellung vorzuziehen, wie sie zuerst von Abney angegeben worden ist.

Dabei stehen Gitter und Kamera in dem angegebenen Abstand fest einander gegenüber, während der Spalt um die Mitte dieses Abstandes

auf einem Kreise, dessen Radius gleich dem halben Krümmungsradius des Gitters ist, gedreht werden kann (Fig. 20). Die Wirkung ist offenbar dieselbe wie vorher, doch hat die Aufstellung den Vorteil, daß nicht die schweren Teile der Aufstellung, sondern nur der leichte Spalt bewegt wird. Setzt man dabei noch Gitter und Kamera auf feste Pfeiler, etwa Zementklötze, so erhält man eine außerordentlich stabile Anordnung.

Bei beiden Aufstellungen ist, um kleine Fehler der Justierung korrigieren zu können, der Spalt in der Richtung auf das Gitter zu durch Zahn und Trieb beweglich, so daß durch genaue Einstellung des Spaltes die Erzielung größter Schärfe der Spektrallinien in der Fläche der photographischen Platte möglich ist. Diese Fläche ist, wie wir schon sahen, ein Kreis mit dem Krümmungsradius des Gitters als Durchmesser. Man muß deshalb die zur Verwendung kommenden Platten leicht krümmen, oder wenn, wie bei kleinen Gittern, die Krümmung zu stark werden müßte, Films benutzen.

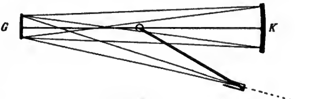


Fig. 20.

Außer der Verschiebbarkeit in der Gitterrichtung ist der Spalt noch in seiner Ebene drehbar. Diese Vorrichtung dient dazu, den Spalt genau parallel zu den Gitterfurchen zu stellen. Darauf kommt es nämlich sehr genau an, weil die Abbildung des Gitters astigmatisch ist, weil also ein Punkt nicht als Punkt, sondern als Linie abgebildet wird. Die Richtung dieser einzelnen Linienstückchen ist dabei die der Gitterfurchen, die Verbindungslinie ihrer Mittelpunkte dagegen die Spaltrichtung. Sind nun beide Richtungen nicht parallel, so fällt von den den einzelnen Spaltpunkten entsprechenden Linienstückchen nicht eins in die Verlängerung des andern, sondern diese einzelnen Stückchen fallen nebeneinander. Es entsteht nicht eine scharfe, sondern eine verbreiterte Linie. Fig. 21, I zeigt die Erscheinung, wie sie auftritt, wenn der Spalt genau senkrecht, die Gitterfurchen aber schief stehen, während Fig. 21, II die Linie bei senkrecht stehenden Gitter-



Fig. 21.

furchen, aber schief stehendem Spalt darstellt. Diesen Fehler bezeichnet man als Torsion oder Drillung des Spaltes gegen die Gitterfurchen.

Erwähnt mag noch werden, daß ein Konkavgitter keinen Astigmatismus zeigt, wenn man paralleles Licht auffallen läßt, also ein Kollimatorrohr benutzt. In diesem Falle liegt natürlich das Bild im Abstande des halben Krümmungsradius vom Gitter entfernt. Auch diese Aufstellung des Gitters wird zuweilen angewendet. Dabei aber geht der größte Vorteil der Konkavgitter gegenüber den ebenen Gittern verloren, nämlich der, daß sie infolge der Vereinigung der Gitterwirkung mit der Hohlspiegelwirkung die Verwendung von Linsen überflüssig machen. Diese Unabhängigkeit ist aber gerade das wichtigste bei der Verwendung dieser Gitter; denn deswegen gerade sind sie für Strahlen aller Wellenlängen von den kürzesten bis zu den längsten, solange nur das Material des Gitters sie reflektiert, zu verwenden.

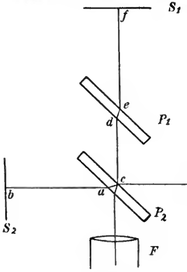


Fig. 22.

Die Entwicklung der Theorie der Konkavgitter, wie sie etwa von Rowland, Runge und anderen gegeben worden ist, geht über den Rahmen dieses Büchleins hinaus. Die einfache Theorie, wie sie vielfach, selbst in größeren Werken gegeben wird, nimmt an, die Gitter seien auf Zylinderflächen geteilt, ist also falsch.

12. Interferenzapparate.

Aus der Gitterformel

$$\sin\alpha = \frac{2n \cdot \lambda}{2(a+b)}$$

ist zu ersehen, daß man mit Hilfe eines Gitters, dessen Gitterkonstante man kennt, auch Wellenlängen absolut bestimmen kann, sobald man nur den Winkel α mißt. Solche Bestimmungen sind zuerst von Fraunhofer und nach ihm von einer ganzen Reihe

anderer Physiker ausgeführt worden, haben aber nicht die wünschenswerte Übereinstimmung untereinander ergeben. Das liegt außer an der Schwierigkeit der Messung und den infolgedessen auftretenden Beobachtungsfehlern auch an den Fehlern der Gitterteilung, die trotz aller Sorgfalt bei der Teilung der Gitter nicht ganz zu vermeiden sind. Da es kein Mittel gibt, diese Fehler zu eliminieren, so sind die Gitter zur absoluten Bestimmung von Wellenlängen ungeeignet.

Viel besser für diesen Zweck sind die Interferenzapparate, wie sie zuerst Michelson benutzt hat. Sein Apparat ist folgendermaßen eingerichtet. (Fig. 22.) Aus einem Kollimatorrohr C tritt paralleles Licht auf die planparallele Glasplatte P_2, durch die ein Teil des Lichtes zum Spiegel S_2 gelangt. Hier wird es in sich selbst reflektiert, so daß wieder ein Teil an der Vorderfläche (in der Figur die obere) der Platte P_2 in das Fernrohr F reflektiert wird. Ein anderer Teil der ursprünglichen Lichtstrahlen wird direkt an der Vorderfläche der Platte P_2 reflektiert, durchsetzt die Platte P_1, wird am Spiegel S_1 reflektiert und gelangt wieder durch P_1 zur Platte P_2, wo ein Teil durchgelassen wird und mit dem ersten Strahl zusammen ins Fernrohr F gelangt. Man überzeugt sich leicht, daß die Wege der beiden Strahlen die gleichen sind, wenn die beiden Platten gleich dick und parallel sind, und wenn außerdem die Luftstrecke $ab\ cd\ ef$ ist. Jeder Strahl hat dieselbe Luftstrecke zurückzulegen und außerdem die gleichen Strecken im Glase zu passieren. Die Strahlen kommen daher ohne Gangunterschied im Fernrohr an. Ändern wir aber den Weg eines der beiden Strahlen, etwa dadurch, daß wir den Spiegel S_1 verschieben, so bekommen sie einen Gangunterschied, der durch den Unterschied der beiden Luftwege gegeben ist. Die Strahlen werden daher in diesem Falle im Fernrohr interferieren, und zwar werden sie Helligkeit oder Dunkelheit ergeben, je nachdem die eingeschaltete Luftschicht ein gerades oder ein ungerades Vielfaches einer halben Wellenlänge ist. Wenn wir also nur Strahlen **einer** Richtung hätten, so wäre entsprechend das Gesichtsfeld des Fernrohrs hell oder dunkel. In Wirklichkeit sind aber Strahlen aller möglichen Richtungen vorhanden. Es wird deshalb der Gangunterschied für die einen ein ungerades Vielfaches der Wellenlänge sein, während er für die andern ein gerades ist. Wir sehen daher im Fernrohr ein System von Interferenzstreifen.

Der Apparat von Michelson ist daher sehr geeignet, Wellenlängen absolut zu bestimmen. Wenn man nämlich den Spiegel

S_1 mittels einer Mikrometerschraube parallel mit sich selbst so weit verschiebt, daß im Fernrohr an die Stelle eines Helligkeitsmaximums ein Minimum getreten ist, so hat man ihn um eine halbe Wellenlänge bewegt. Man braucht also nur den Spiegel um eine meßbare Größe zu verschieben, dabei zu zählen, wieviel Maxima und Minima im Fadenkreuz des Fernrohrs einander abwechseln, um damit die Anzahl der Wellenlängen, die auf dieses Stück kommen, zu ermitteln. Michelson hat diese Bestimmung für einige gut definierte Wellenlängen ausgeführt. Er fand dafür am geeignetsten einige Wellenlängen aus dem Spektrum des Kadmiumdampfes. Praktisch ist die Ausführung solcher Bestimmungen ganz außerordentlich schwierig, und man muß das experimentelle Geschick Michelsons bewundern, dem sie gelungen ist.

Der Nachteil des Michelsonschen Apparates ist der, daß nur zwei Strahlenbündel miteinander zur Interferenz kommen. Der Apparat würde also einem Gitter entsprechen, bei dem nur zwei Spalte vorhanden wären. Wir sahen aber bei der Betrachtung der Gittertheorie, daß die Schärfe der Interferenzerscheinung von der Anzahl der zur Interferenz kommenden Büschel abhängig ist.

Besser ist in dieser Beziehung der Apparat von Perot und Fabry, der die Vorzüge des Gitters mit denen des Michelsonschen Apparates vereinigt. Er besteht im wesentlichen aus zwei einseitig schwach versilberten planparallelen Glasplatten, die einander parallel mit den versilberten Seiten gegenüberstehen. Lassen wir paralleles Licht unter einem gewissen Winkel einfallen (Fig. 23), so wird ein Teil sowohl die Silberschicht *ab* wie auch die Silberschicht *cd* durchdringen. Ein anderer Teil wird *ab* durchdringen, an *cd* aber reflektiert werden. Vom Lichtstrahl *xy* wird also ein Teil direkt hindurchgehn, ein anderer wird mit dem Strahle *uv* zusammen, ein dritter mit einem andern Strahle *st* zusammen usf. austreten. Ist nun der Weg α, β, γ, den der einmal reflektierte Strahl mehr zurückzulegen hat als der direkt durchgegangene, ein gerades Vielfaches der halben Wellenlänge, so werden sich die beiden Strahlen verstärken. Dann sind aber gleichzeitig auch die Gangunterschiede für alle folgenden Strahlen gerade Vielfache der halben Wellenlänge, d. h. auch diese Strahlen werden zur Verstärkung beitragen. Das ganze parallele Büschel, das unter dem betrachteten Winkel auffällt, verstärkt sich demnach und ergibt Helligkeit. Ist dagegen der Gangunterschied der betrachteten Strahlen ein ungerades Vielfaches der halben Wellenlänge, so tritt Vernichtung

ein, und zwar gilt das wieder für das ganze Büschel. Ist der Gangunterschied nicht gerade ein ungerades Vielfaches der halben Wellenlänge, so wird er es doch im Verlaufe mehrerer Reflexionen. Ist also die Strecke $\alpha\beta\gamma$ noch keines, so kann doch schon die Strecke $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon$ ein solches sein. Hier würde sich also der von xy herrührende in den Strahl st reflektierte Teil mit dem gleichen Teile von st vernichten und diesen dadurch schwächen. Eine derartige Schwächung tritt dann wieder für das ganze unter dem betrachteten Winkel einfallende Büschel ein. Man sieht hieraus, daß wirklich Helligkeit nur für die Strahlen eintritt, bei denen der Gangunterschied des direkt durchgehenden und des einmal reflektierten Strahles ein gerades Vielfaches der halben Wellenlänge ist, während alle andern vernichtet werden. Es entstehen daher scharf begrenzte Helligkeitsmaxima.

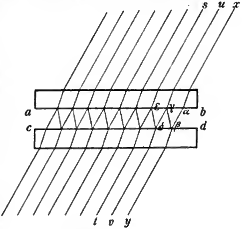


Fig. 23.

Lassen wir nun das Licht einer ausgedehnten monochromatischen Lichtquelle, die sich im Brennpunkt einer Konvexlinse befindet, auf die Platten auffallen, so gelangen zu diesen Parallelstrahlenbündel aller möglichen Richtungen. Für das Auftreten von Helligkeit oder Dunkelheit ist die Neigung gegen die Plattenachse maßgebend, die Erscheinung wird also symmetrisch zu dieser liegen. Es entsteht ein System konzentrischer heller und dunkler Ringe, die, weil es sich um Parallelstrahlenbündel handelt, natürlich im Unendlichen liegen und durch ein Fernrohr betrachtet werden müssen oder auch in einer auf die Brennweite des Objekts eingestellten photographischen Kamera photographiert werden können.

Lassen wir verschiedenfarbiges Licht auffallen, so entsteht für jede Farbe ein besonderes System von Ringen, die sich übereinander lagern. Fig. 24 zeigt solche mit Perot und Fabrys Apparat aufgenommene Interferenzringe für zwei verschiedene Wellenlängen.

Ebenso wie den Michelsonschen Apparat kann man nun auch den von Perot und Fabry zur absoluten Bestimmung von Wellenlängen

benutzen. Man hat theoretisch nur die beiden Platten vollkommen zusammen zu bringen, dann zu entfernen und zu zählen, wie oft Maxima und Minima bei einer meßbaren Verschiebung miteinander abwechseln. Für ein zentrales, senkrecht einfallendes Büschel ist dann einfach der doppelte Plattenbestand gleich der Anzahl der gezählten halben Wellenlängen, da ja für dieses Bündel der Plattenabstand gleich dem halben Gangunterschied ist.

Einfacher als zur absoluten Wellenlängenbestimmung läßt sich das Instrument von Perot und Fabry zur Bestimmung von

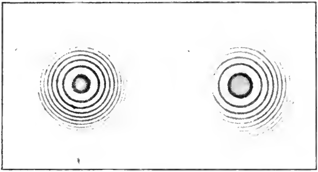


Fig. 24.

Wellenlängen relativ zu einer bekannten Wellenlänge benutzen. So haben die beiden Physiker eine Anzahl Wellenlängen relativ zur Michelsonschen Kadmiumlinie bestimmt. Die Methode ist sehr einfach. Wir sahen, daß für verschiedene Wellenlängen verschiedene Ringsysteme auftreten. Dabei kann der Fall vorkommen, daß ein Ring des einen Systems genau denselben Durchmesser hat wie einer des andern. Kennen wir nun für den ersten Ring den Gangunterschied in Wellenlängen, der $n \cdot \lambda$ sei, und ebenso für den andern, der $n' \cdot \lambda'$ sein möge, so gilt die Beziehung

$$n \cdot \lambda = n' \cdot \lambda',$$

da der Gangunterschied für die beiden Ringe, die ja an derselben Stelle entstehen, der gleiche ist. Kennen wir also λ, so läßt sich λ' ausrechnen, wenn wir nur noch n und n', die sogenannten Ordnungszahlen der beiden Ringe kennen. Sie ließen sich durch Zählen der Wechsel von Helligkeit und Dunkelheit beim Verschieben der Platten von der Berührung bis in die betrachtete Stellung feststellen. Praktisch läßt sich das nicht ausführen; man gelangt auf einem andern

Wege zum Ziel, ich kann jedoch die Methode hier nicht weiter auseinandersetzen.

Ein weiterer Interferenzapparat zu spektroskopischen Zwecken ist von Lummer konstruiert worden. Er besteht aus einer ziemlich großen genau planparallelen Glasplatte, auf die die Lichtstrahlen fast streifend auffallen. Dann entstehen in der Platte Reflexionen (Fig. 25), und die aus der Platte austretenden Strahlen interferieren mit den direkt an der Oberfläche reflektierten. Wir erhalten bei diesem Apparat Erscheinungen, die denen bei dem eben beschriebenen Perot-Fabryschen Apparat vollkommen analog sind. Die Anwendung



Fig. 25.

dieses Apparates erstreckt sich demanch auf dasselbe Gebiet wie die des andern.

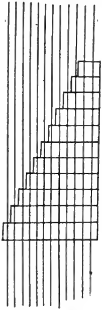
Die beiden Apparate, die wir zuletzt besprachen, haben eine weit größere auflösende Kraft, als die Gitter. Bei diesen sahen wir aus der Formel

$$\sin \alpha = \frac{n \cdot \lambda}{a + b},$$

daß für zwei Wellenlängen λ und λ_1 der Winkel α, also die Entfernung der Helligkeitsmaxima oder die Dispersion proportional der Ordnungszahl n ist. Außerdem war die Begrenzung der Maxima um so schärfer, je mehr Gitterfurchen wir hatten, je mehr Büschel also zur Erzeugung dieser Maxima verwendet wurden; auch die Anzahl der interferierenden Büschel trägt also zur Erhöhung der auflösenden Kraft bei. Beim Gitter ist nun zwar die Anzahl der Furchen, also die Zahl der interferierenden Büschel eine große, jedoch benutzen wir nur die niederen Ordnungen höchstens bis zur dritten, wo der Gangunterschied der Büschel das Dreifache der Wellenlänge ist. Bei den jetzt besprochenen Apparaten aber ist der Gangunterschied ein Vieltausendfaches der Wellenlänge. Die auflösende Kraft ist daher auch viel größer als die der Gitter, weil dadurch die geringere Zahl der Interferenzen mehr als kompensiert wird. Infolgedessen können mit diesen Apparaten noch Wellenlängen getrennt werden, die beim Gitter als einheitliches, homogenes Licht erscheinen.

Noch ein Interferenzapparat ist schließlich zu erwähnen: das Michelsonsche Stufengitter oder Echalonspektroskop. Es besteht

(Fig. 26) aus einem Satz planparalleler Glasplatten, deren Größe immer abnimmt, und die treppenstufenartig übereinander geschichtet sind. Ein Lichtbündel aus parallelen Strahlen hat also je nach der Stelle, an der es auftrifft, einen größeren oder kleineren Weg im Glase zurückzulegen. Dadurch treten Gangunterschiede ein, die für die verschiedenen Einfallswinkel der Strahlen verschieden werden. Wir erhalten wieder im Unendlichen liegende Interferenzstreifen, die durch ein Fernrohr betrachtet werden können. Auch dieser Apparat hat, da er große Gangunterschiede benutzt, sehr starke Auflösung.


Fig. 26.

13. Spektroskopische Lichtquellen.

Wenn wir das Spektrum eines Körpers untersuchen wollen, so müssen wir ihn zum Leuchten bringen, und das können wir auf verschiedene Weise machen.

Wir können den Körper zum Glühen bringen, indem wir seine Temperatur erhöhen, etwa dadurch, daß wir ihn in einen Ofen legen oder ihn elektrisch mit Hilfe einer Heizspirale erwärmen.

Wir können ferner den Körper verdampfen und die leuchtenden Dämpfe betrachten. Das läßt sich dadurch erreichen, daß wir den Körper in eine Flamme bringen, etwa eine Bunsenflamme oder eine Spiritusflamme. Dann wird, wenn die Flammentemperatur ausreicht, ein Teil desselben in Dampf verwandelt, der in der Flamme leuchtet und nun mit dem Spektroskop untersucht werden kann.

Liegt die Verdampfungstemperatur höher, so können wir das Knallgasgebläse verwenden. Dabei kann Leuchtgas mit Sauerstoff vermischt zur Anwendung kommen oder, wenn die Temperatur noch höher sein muß, ein Gemisch von Sauerstoff und Wasserstoff benutzt werden. Handelt es sich dabei um Untersuchung von Salzen, so können diese in Papierzigaretten gewickelt und so in die Flamme gehalten oder auch gelöst und flüssig in die Flamme gestäubt werden.

Die meisten Körper lassen sich im elektrischen Lichtbogen verdampfen. Dabei verfährt man in der Weise, daß man die positive

Kohle, die bekanntlich beim Brennen des Bogens die heißere wird, etwas aushöhlt und die Höhlung mit der zu untersuchenden Substanz füllt. Der elektrische Bogen ist zur Untersuchung von Spektren sehr geeignet und wird deshalb sehr viel zu diesem Zwecke benutzt.

Außer durch Temperaturerhöhung lassen sich die Dampfspektra auch durch elektrische Einflüsse erzeugen. Lassen wir den Funken

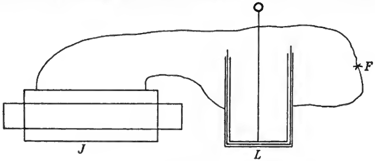


Fig. 27.

eines Ruhmkorffschen Induktoriums in einem Gase übergehen, so wird dieses zum Leuchten erregt. Laden wir mit dem Induktorium dagegen zuerst eine Leydener Flasche und verbinden deren Belegungen mit zwei Elektroden, zwischen denen der Funke überschlagen kann, so zerstäubt ein Teil der Elektroden und wird in leuchtenden Dampf verwandelt. Wir erhalten also das Spektrum des Elektrodenmaterials. Die Anordnung ist in Fig. 27 dargestellt. *J* ist das Induktorium, *L* die Leydener Flasche, *F* die Funkenstrecke. Wir erwähnten schon, daß man ohne die Leydener Flasche ein Spektrum des Gases erhält, in dem die Elektroden sich befinden.

Lichtstärker werden diese Gasspektren, wenn man den Druck des Gases, in dem der Funke übergeht, erniedrigt. Dies geschieht mit Vorteil in den sogenannten Geißlerschen oder Plückerschen Röhren. Es sind das einfach Glasröhren geeigneter Form, in die zwei Elektroden aus Platin oder neuerdings meist aus Aluminium hineinführen. Sie werden mit dem zu untersuchenden Gas, dessen Druck man vorteilhaft zu etwa 0,1 bis 3 mm Quecksilber wählt, gefüllt. Leitet man nun den Strom eines Induktoriums oder einer Elektrisiermaschine in die Röhre hinein, so leuchtet sie auf. Besonders hell wird das Leuchten, wenn man in der Mitte die Röhre zu einer Kapillare verengt, und in dieser Form sind die Röhren meist im

Gebrauch. Das übrige Aussehen ist je nach dem besonderen Zweck, dem die Röhren dienen sollen, sehr verschieden. Zwei der gebräuchlichsten Formen, wie sie von Plücker angegeben und von dem Glasbläser Geißler in Bonn zuerst hergestellt wurden, zeigt Fig. 28. Die Herstellung der Geißlerschen Röhren ist erst möglich geworden durch die ebenfalls vom Glasbläser Geißler zuerst

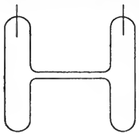
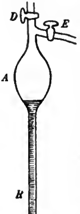




Fig. 28.

hergestellte Quecksilberluftpumpe, die deshalb einen wichtigen Hilfsapparat der Spektroskopie bildet, und deren wichtigste Typen hier Besprechung finden sollen. Sie benutzen in ihrer ursprünglichen Form direkt das über einem Barometer entstehende Torricellische Vakuum und zeigen deshalb in der einfachsten Form folgende Einrichtung (Fig. 29).

Das Barometerrohr *R* ist oben zu einer Kugel *A* erweitert, die zwei Hähne trägt, von denen der eine *D* mit der äußeren Luft in Verbindung steht, während der andere *E* die Kugel mit dem auszupumpenden Gefäß verbindet. Am unteren Ende trägt das Barometerrohr einen elastischen Schlauch *B*, der an seinem andern Ende wieder eine Kugel *C* trägt. Das System wirkt nun folgendermaßen: Hebt man nach Öffnen des Hahnes *D* die Kugel *C*, die mit Quecksilber gefüllt ist, bis in die Höhe von *D*, so wird aus der Kugel *A* alle Luft verdrängt. Senkt man dann, nachdem man den Hahn *D* wieder geschlossen hat, das Gefäß *C* tiefer, als der Barometerstand beträgt, unter *A*, so entsteht hier ein Torricellisches Vakuum. Öffnet man den Hahn *E*, so strömt Luft aus dem Rezipienten in dieses. Dann wird *E* wieder geschlossen, durch Heben von *C* und Öffnen von *D* die in *A* befindliche Luft wieder nach außen getrieben, *D* geschlossen, *C* gesenkt und *E* geöffnet, und so geht das Spiel weiter. Auf diese Weise kann man, da kein schädlicher Raum



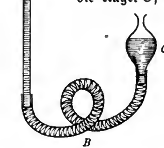


Fig. 29.

vorhanden ist, die Verdünnung beliebig weit treiben, und der Druckerniedrigung ist nur durch die Dampfspannung des Quecksilbers eine Grenze gesetzt. Diese Dampfspannung ist aber bei gewöhnlicher Temperatur glücklicherweise recht klein.

Diese Form der Luftpumpe hat zwar den Vorteil der Einfachheit, ist aber insofern unbequem, als sie ein fortwährendes Öffnen und Schließen der Hähne nötig macht. Häufiger im Gebrauch ist deshalb die Töplersche Luftpumpe, die vollkommen ohne Hähne arbeitet. Ihre Einrichtung ist die folgende (Fig. 30):

An die Kugel *A* setzen sich zwei Röhren *D* und *E* an, die beide eine Länge von mindestens Barometerhöhe haben. *D* taucht unten in ein Gefäß mit Quecksilber, *E* führt zum Rezipienten *R*. Die Wirkung ist ohne weiteres klar. Hebe ich *C*, so hat die in *A* befindliche Luft, da *E* durch das steigende Quecksiber sofort verschlossen wird, keinen andern Ausweg, als durch *D* nach außen. Beim Senken von *C* entsteht in *A* das Vakuum, da ja, weil *D* länger als Barometerhöhe ist, von außen keine Luft eindringen kann. Dann gleicht sich der Druck mit dem im Rezipienten vorhandenen aus, und das Spiel kann von neuem beginnen.

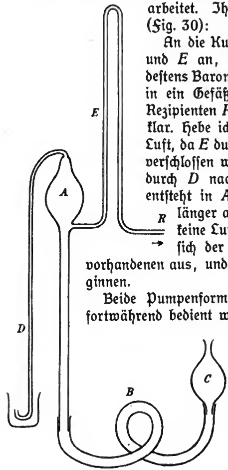


Fig. 30.

Beide Pumpenformen haben den Fehler, daß sie fortwährend bedient werden müssen, und daß man die Menschenkraft dabei nicht gut durch Maschinenkraft ersetzen kann. Es war deshalb wünschenswert, eine rotierende Quecksilberpumpe zu schaffen, und dieses Problem ist in den letzten Jahren ungefähr gleichzeitig von Kaufmann und Gaede in verschiedener Weise gelöst worden. Die am meisten benutzte Gaedesche Pumpe soll hier noch beschrieben werden.

Die Einrichtung einer solchen Pumpe ist die folgende: (Fig. 31.) In einem Gehäuse *G*, das bis über die Hälfte mit Quecksilber ge-

füllt ist, ist eine durch eine luftdicht eingeführte Achse befestigte Trommel *T* drehbar. Diese Trommel ist der Hauptteil der Pumpe und ist durch Scheidewände zunächst in die beiden Räume *P* und *Q* geteilt. In den Raum *P* ist das mit dem Rezipienten verbundene Rohr *R* eingeführt, welches so nach oben gebogen ist, daß es nicht mehr in das Quecksilber eintaucht. Der Raum *P* steht nun durch die Öffnungen *f* und *g* mit dem Raume *Q* in Verbindung, der nun seinerseits wieder durch Querwände geteilt ist. Die Anordnung dieser Querwände ist aus Fig. 32 zu ersehen, die einen Schnitt durch die Trommel senkrecht zu dem der Fig. 31 an der Stelle *xy* darstellt. Die Wirkung der Pumpe ist nun folgende: Pumpen wir mit einer gewöhnlichen Luftpumpe, z. B. einer Wasserstrahlpumpe, das Gehäuse durch die Öffnung *S* so weit wie möglich aus und setzen nun die Trommel in Bewegung, etwa in der Richtung des Pfeiles, so wird der Raum *X*, der durch die Öffnung *f* mit dem Rezipienten in Verbindung

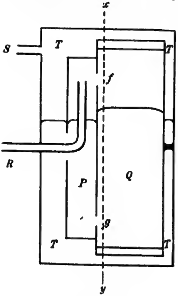


Fig. 31.

steht, größer, die Luft in ihm wird sich also verdünnen. Gleichzeitig wird die Luft in *Y*, der durch die Drehung immer tiefer unter Quecksilber taucht, also kleiner wird, nach der Stelle *a* hingepreßt und über *b* und *c* nach außen in das Gehäuse befördert. Ebenso geht es nachher dem Raume *X*, wenn er dadurch, daß die Öffnung bei *f* unter Quecksilber taucht, vom Rezipienten abgeschlossen ist. Dann ist aber die Öffnung *g* frei, und *y* steht mit dem Rezipienten in Verbindung, nimmt also wieder einen Teil der Luft desselben auf, um sie bei der weiteren Drehung dann wieder nach außen zu befördern. Wir sehen also, daß bei der Drehung eine kontinuierliche Pumpenwirkung eintritt, wenn nur dafür gesorgt ist, daß der im Gehäuse vorhandene Druck nicht so groß ist, daß Luft über *d* durch Verdrängung des Quecksilbers in die innere Trommel gelangen kann. Wegen des Druckunterschiedes wird jedoch das Quecksilber bei *e* immer tiefer stehen als im Innern der Trommel. Diese Gaedeschen

Pumpen sind sehr bequem und werden neuerdings sehr viel verwendet.

Sehr häufig, besonders für die Untersuchung von Absorptionsspektren, die wir weiter unten besprechen werden, hat man kontinuierliche Spektren als Untergrund nötig. Solche kontinuierliche Spektra, bei denen also die Farben kontinuierlich ineinander übergehen, geben Kerze, Petroleumlampe, Argandbrenner, Glühstrumpf, elektrische Glühlampen, Zirkonlicht und elektrischer Lichtbogen. Bei letzterem ist es der Bogen selbst jedoch nicht, der das kontinuierliche Spektrum aussendet, sondern die glühenden Kohlen, besonders die positive. Die Lichtquellen, die hier angegeben sind, sind derartig angeordnet, daß die Helligkeit der folgenden immer größer als die der vorhergehenden ist. Es zeigt sich ferner, daß auch der Reichtum an ultravioletten Strahlen für die Lichtquellen am Ende der Reihe am größten ist. Eine Lichtquelle, die ein kontinuierliches Spektrum aussendet, das besonders weit ins Ultraviolett reicht, ist ein unter Wasser zwischen Aluminiumelektroden übergehender Funke, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß außer der jetzt im Wasser befindlichen Funkenstrecke *F* (Fig. 27) noch eine Luftfunkenstrecke in den Stromkreis hinter die erstere geschaltet wird. Bei solchen Lichtquellen, deren Strahlen besonders weit ins Ultraviolett reichen, dürfen natürlich keine Umhüllungen aus Glas gebraucht werden, da diese, wie wir schon oben sahen, die kurzen Wellen nicht hindurchlassen. Man muß vielmehr Fenster aus Quarz oder Flußspat anwenden.

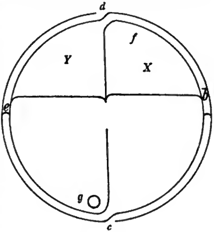


Fig. 32.

14. Methoden zur Untersuchung von Spektren.

Wenn mit Hilfe eines Spektralapparates ein Spektrum erzeugt worden ist, so handelt es sich darum, dasselbe zu erforschen. Wir erwähnten schon die Methode der direkten Beobachtung mit dem Auge mittels Fernrohrs und die photographische Methode. Erstere

ist nur im sichtbaren Teil des Spektrums anzuwenden. Will man über diesen hinaus etwas wahrnehmen, so kann man für den ultravioletten Teil des Spektrums die Fähigkeit des kurzwelligen Lichtes, Fluoreszenz zu erregen, benutzen. Verschiedene Körper zeigen nämlich die Eigenschaft, bei einer Belichtung mit diesen unsichtbaren Strahlen sichtbares, meist grünliches oder bläuliches Licht auszusenden. Man läßt also das Spektrum auf einen Schirm fallen, der mit einer fluoreszierenden Substanz, etwa Baryumplatincyanür, bestrichen ist. Dann erscheint der ultraviolette Teil des Spektrums auf diesem in grünlichem Fluoreszenzlicht. Für die ultraroten Strahlen läßt sich die Fähigkeit derselben benutzen, Phosphoreszenz auszulöschen. Es gibt nämlich eine Anzahl von Körpern, die, nach einer Belichtung mit Tageslicht ins Dunkle gebracht, dort mit einem matten Lichte nachleuchten. Läßt man jedoch ultrarote Strahlen auffallen, so verschwindet dies Phosphoreszenzlicht sehr schnell. Man läßt also das Spektrum auf einen phosphoreszierenden Schirm fallen; an den Stellen, an denen sich ultrarote Wellenlängen befinden, werden dunkle Streifen in der phosphoreszierenden Fläche entstehen. Diese letztere Methode hat besonders H. Becquerel zur Untersuchung von ultraroten Spektren benutzt.

Die photographische Methode ist ohne weiteres nur zur Untersuchung für die blauen, violetten und ultravioletten Teile des Spektrums geeignet, da gewöhnliche photographische Platten nur für diese Teile des Spektrums empfindlich sind. Erst seitdem H. W. Vogel 1873 gezeigt hatte, daß man die photographische Platte durch Baden in gewissen Lösungen, z. B. Eosin, Erythrosin und andern Farbstoffen „sensibilisieren" kann, ist es möglich geworden, auch die langwelligen Teile des Spektrums zu photographieren. Für die ganz langen Wellen ist indes die Photographie nicht brauchbar. Auch für die ganz kurzen Wellen ist die Photographie nicht ohne weiteres anzuwenden, da die Gelatine, in die die lichtempfindliche Substanz eingebettet ist, diese Wellen nicht durchläßt. In diesem Gebiet hat V. Schumann Erfolge erzielt, indem er gelatinelose Platten zur Anwendung brachte. Sonst ist die Photographie heute die wichtigste Methode zur Erforschung von Spektren. Über die Ausmessung der Spektrogramme werden wir später sprechen.

Zur Erforschung des langwelligen Teiles des Spektrums dienen neben der eben besprochenen direkten Methode besonders zwei In-

strumente: das Bolometer und die Thermosäule. Beide benutzen die erhebliche Wärmewirkung der ultraroten Strahlen.

Die Wirkung des Bolometers beruht auf der Widerstandsänderung der Metalle bei der Erwärmung. Die meisten Metalle setzen bei der Erwärmung dem elektrischen Strom einen größeren Widerstand entgegen als im kalten Zustande. Beim Bolometer wird nun die Widerstandsänderung eines feinen Platinstreifchens gemessen, und zwar geschieht das mittels einer Wheatstoneschen Brückenanordnung. (Fig. 33.) Schicken wir in eine derartige Anordnung von Drähten vom Element E aus einen elektrischen Strom, so fließt dann und nur dann durch die sogenannte Brücke *cd* kein Strom, wenn

$$w_1 : w_2 = w_3 : w_4$$

ist, wobei w_1, w_2, w_3, w_4, die Widerstände der 4 Teile *ac*, *cb*, *ad* und *db* sind. Ein Galvanometer, d. i. ein Apparat zur Messung des elektrischen Stromes, das in der Brücke angebracht ist, wird also in diesem Falle keinen Ausschlag geben. Schalten wir in den Zweig *cb* unser Platinstreifchen P, welches, damit es die Wärmestrahlen besser aufnimmt, berußt ist, und regulieren die Widerstände der Zweige so, daß in der Brücke kein Strom fließt, das Galvanometer also auf 0 steht, so wird sich bei einer Bestrahlung des Platindrähtchens der Widerstand des Zweiges *bc* ändern; die Gleichgewichtsbedingung für das Galvanometer ist nicht mehr erfüllt, und dieses wird infolgedessen einen Ausschlag geben. Die bei den Bolometern angewendeten Galvanometer sind außerordentlich empfindlich, so daß schon eine ganz kleine Temperatur- und damit Widerstandsänderung des Platinstreifchens genügt, um einen Ausschlag hervorzubringen. Das Bolometer leistet aber noch mehr als ein bloß qualitatives Anzeigen des Vorhandenseins ultraroter Strahlen: Die Größe der Widerstandsänderung gibt zugleich ein Maß für die Intensität der aufgefallenen Strahlen, so daß wir mit Hilfe des Bolometers auch quantitative Messungen ausführen können. Je nach der Form, die man dem Platinblech gibt, unterscheidet man

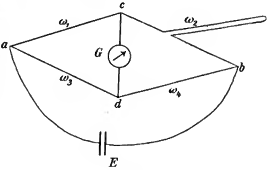


Fig. 33.

Linear- und Flächenbolometer. Beim Linearbolometer ist das Streifchen ganz schmal, fast linienförmig, so daß ganz schmale Stellen des Spektrums, die nur wenige Wellenlängen enthalten, damit untersucht werden können. Dieses Instrument gestattet also, die Lage einzeln auftretender ultraroter Wellenlängen festzustellen. Im Gegensatz dazu enthält das Flächenbolometer ein ausgedehntes Platinblech und wird deshalb zur Messung der Energie größerer Spektralbezirke benutzt.

Ganz ähnlich wie das Bolometer läßt sich die Thermosäule verwenden. Löten wir zwei Metalldrähte, etwa einen Wismut- und einen Antimondraht zusammen und führen von den freien Enden Drähte zu einem Galvanometer, so zeigt dieses einen Ausschlag, sobald die Lötstelle erwärmt wird. Es fließt ein elektrischer Strom, solange sich die Lötstelle auf anderer Temperatur befindet als die Verbindungsstellen mit den Galvanometerdrähten. Den entstandenen Strom nennen wir Thermostrom, das ganze System ein Thermoelement. Schalten wir mehrere solche Thermoelemente hintereinander, indem wir immer den Antimondraht des einen mit dem Wismutdraht des andern zusammenlöten, so erhalten wir eine Thermosäule. Ein Strom entsteht, wenn die Temperatur der 1., 3., 5. usw. Lötstelle eine andere ist als die der 2., 4., 6. usw. Ordnen wir nun die Elemente so an, daß die geraden Lötstellen in einer Linie übereinanderliegen, so haben wir ein Instrument, das wir gerade so anwenden können wie das Linearbolometer. Beim Auffallen ultraroter Strahlen erwärmen sich die Lötstellen, es entsteht ein Thermostrom, der wieder mit Hilfe eines sehr empfindlichen Galvanometers gemessen wird.

Es gibt noch eine Reihe anderer Apparate zur Untersuchung von Spektren, aber die beschriebenen sind die wichtigsten und am meisten angewendeten.

15. Messung von Spektren.

Eine Ausmessung kommt nur bei solchen Spektren in Betracht, bei denen einzelne Wellenlängen emittiert werden, wo wir es also nicht mit kontinuierlichen, sondern mit Linienspektren zu tun haben. Über absolute Bestimmung von Wellenlängen haben wir schon gesprochen. Die Einheit, in der Wellenlängen gemessen werden, ist meist die Angströmsche Einheit, die mit Å oder AE bezeichnet wird und 0,0000001 mm beträgt. Bei längeren Wellen dient das 10fache dieser Einheit, das μμ gleich 0,000001

und für ganz lange Wellen das Mikron 1 μ gleich 0,001 mm als Einheit.

Die Spektrogramme, die man auf photographischem Wege erzeugt hat, werden meist relativ zu bekannten Wellenlängen gemessen. Man photographiert über das zu untersuchende Spektrum ein bekanntes, etwa das Eisenspektrum, für das nach einer der früheren Methoden die Wellenlängen absolut bestimmt sind.

Kennt man das Gesetz, nach dem der Spektralapparat dispergiert, so kann man die Wellenlängen der Linien des zu untersuchenden Spektrums dadurch bestimmen, daß man zwischen den beiden benachbarten Linien des Normalspektrums interpoliert, also den Abstand der Linie unbekannter Wellenlänge von den beiden bekannten mißt und nun rechnerisch oder graphisch die Interpolation ausführt. Wir sahen z. B., daß die Gitter bei geeigneter Aufstellung normale Spektren geben, d. h. daß der Abstand zweier Linien der Wellenlängendifferenz derselben proportional ist. Haben also zwei Wellenlängen, deren Differenz 100 AE ist, auf der Platte den Abstand 1 cm, so werden zwei Linien, deren Wellenlängendifferenz 2000 AE ist, den Abstand 2 cm auf der Platte haben. Haben wir also auf der Platte (Fig. 34) zwei Normalen, deren Abstand in Wellenlängen wir kennen, und messen den Abstand in mm etwa gleich a, ferner den Abstand der zu bestimmenden Linie von der ersten dieser Normalen gleich b, so gilt für die Wellenlänge λx der gesuchten Linie:

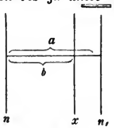


Fig. 34.

$$\lambda x = \lambda n + \frac{a}{\lambda n_1 - \lambda n} \cdot b,$$

wenn λn und λn_1 die Wellenlängen der beiden Normalen sind.

Für ein nicht normales Spektrum ist die Bestimmung nicht so einfach.

Man wendet dann am zweckmäßigsten die graphische Interpolation an, indem man die Abstände auf der Platte von einer festen Marke aus als Abszissen, die Wellenlängen als Ordinaten eines rechtwinkligen Koordinatensystems aufträgt und durch die gefundenen Punkte der bekannten Linien eine Kurve legt. Dann lassen sich die Wellenlängen der unbekannten Linien als Ordinaten der gemessenen Abszissen finden.

Das Ausmessen der Platten geschieht am besten mit Hilfe einer feinen Schraube, über die eine Mutter geht, welche ein Tischchen zum Auflegen der zu messenden Platte trägt. Über der Platte steht fest ein mit einem Fadenkreuz versehenes Mikroskop. Durch Drehen der Schraube wird das Tischchen und damit die Platte gegen das Mikroskop verschoben, und man hat nur das Fadenkreuz der Reihe nach auf die verschiedenen Linien einzustellen und die Anzahl der Umdrehungen der Schraube von einer bis zur andern Linie zu zählen. Dann hat man die gesuchten Linienabstände in Ganghöhen der verwendeten Schraube. Die Ganghöhe der Schraube braucht man in absolutem Maß gar nicht zu kennen, weil es für die Abstandmessung ganz gleichgültig ist, in welcher Einheit sie ausgeführt wird.

Bei den nicht photographischen Methoden geschieht die Messung des Spektrums meist durch Winkelablesung. Das zur Untersuchung benutzte Fernrohr, Bolometer oder die Thermosäule bewegt sich über einem geteilten Kreise, an dem die Stellung abzulesen ist.

Dritter Abschnitt.

Ergebnisse spektroskopischer Forschung.

16. Strahlung fester und flüssiger Körper. Kirchhoffsches Gesetz.

Der Anfang einer Erforschung der Gesetze leuchtender Körper wurde durch eine Beobachtung von Draper im Jahre 1847 gemacht. Er untersuchte für eine ganze Reihe von Körpern die Temperatur, bei der sie anfangen, sichtbare Strahlen auszusenden, und glaubte auf Grund seiner Beobachtungen den Satz aufstellen zu können: Alle Körper beginnen mit der Emission sichtbarer Strahlen bei ungefähr derselben Temperatur von etwa 525° C. Dabei wird zuerst rotes Licht emittiert, das bei höherer Temperatur in gelbes und später in weißes Licht übergeht. Die Versuche wurden — das ist, wie wir später sehen werden, wesentlich — so angestellt, daß kleine Stückchen des zu untersuchenden Körpers in ein Eisenrohr gebracht wurden, das dann auf die betreffende Temperatur erhitzt wurde. Spätere Versuche zeigten, daß dieses „Drapersche Gesetz" keineswegs richtig ist, allerdings bei der Versuchsanordnung Drapers ungefähr gelten muß. Den Grund dafür werden wir später einsehen.

Für die ganzen Strahlungserscheinungen ist ein Gesetz äußerst wichtig, das im Jahre 1861 von Kirchhoff aufgestellt wurde. Wir

haben schon öfter erwähnt, daß durchsichtige Körper, z. B. Glas, Licht „absorbieren“. Wir bemerkten z. B., daß Glas die ultravioletten Strahlen nicht durchläßt, sondern verschluckt. Es zeigt sich dabei aber auch, daß an den für eine Farbe durchsichtigen Stellen ein Teil absorbiert wird, und zwar ist dieser von der Menge des auffallenden Lichtes abhängig, er ist ihr proportional, d. h. es wird immer der gleiche Bruchteil des auffallenden Lichtes absorbiert. Nennen wir für eine bestimmte Farbe den Bruchteil des auffallenden Lichtes, der vom Körper absorbiert wird, das Absorptionsvermögen des betreffenden Körpers für die betreffende Farbe, so ist dieses immer ein echter Bruch, der über die Werte 0 und 1 nicht hinausgehen kann. Bringen wir nun den Körper auf eine Temperatur, wo er Strahlen aussendet, und nennen die Intensität der vom Körper ausgesandten Strahlen einer Wellenlänge sein Emissionsvermögen für diese Temperatur und Wellenlänge, so sagt das Kirchhoffsche Gesetz, daß das Verhältnis von Emissionsvermögen zu Absorptionsvermögen für jede Temperatur und Wellenlänge eine Konstante ist, die von dem untersuchten Körper unabhängig ist. Nennen wir das Emissionsvermögen E, das Absorptionsvermögen A und die Konstante e, so gilt:

$$\frac{E}{A} = e.$$

Haben wir nun einen Körper, der für eine bestimmte Wellenlänge und Temperatur alles auffallende Licht absorbiert, dessen Absorptionsvermögen für diese Temperatur und Farbe also gleich 1 ist, so wird

$$E = e,$$

unsere Konstante also gleich dem Emissionsvermögen des Körpers für diese Temperatur und Wellenlänge.

Nehmen wir an, wir hätten einen Körper, der bei allen Temperaturen die auffallenden Strahlen aller Wellenlängen absorbiert, einen Körper, wie wir ihn für den Bereich der sichtbaren Strahlen bei gewöhnlichen Temperaturen etwa im Kohlenstoff am besten in der Form von Ruß haben, so wollen wir diesen als absolut schwarzen Körper bezeichnen. Das Emissionsvermögen eines derartigen Körpers ist immer gegeben durch $E = e$, weil ja hier das Absorptionsvermögen immer gleich 1 ist. Die Konstante e, die vom untersuchten Körper unabhängig ist, und nur von Temperatur und Wellenlänge abhängt, können wir demnach als das Emissionsvermögen des absolut schwarzen Körpers für die bestimmte Tem-

peratur und Wellenlänge deuten und das Kirchhoffsche Gesetz jetzt folgendermaßen formulieren: Für jeden Körper ist das Verhältnis von Emissionsvermögen zu Absorptionsvermögen bei bestimmter Temperatur und Farbe dasselbe; es ist gleich dem Emissionsvermögen des absolut schwarzen Körpers für diese Temperatur und Wellenlänge.

Die Kenntnis der Strahlung des schwarzen Körpers ist also von großer Wichtigkeit, und mit ihren Gesetzen müssen wir uns daher zunächst beschäftigen.

Zunächst ergibt sich ohne weiteres aus dem Kirchhoffschen Gesetz, daß das Emissionsvermögen des schwarzen Körpers das größtmögliche ist. Das Absorptionsvermögen kann nämlich höchstens gleich 1 werden, und wenn wir die Gleichung schreiben

$$E = A \cdot e,$$

so folgt, daß E höchstens gleich e werden kann, und das ist die Emission des schwarzen Körpers.

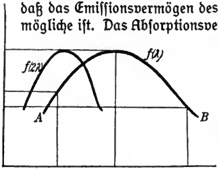


Fig. 35.

Wie ist es nun mit der Änderung der Größe e, also mit der Abhängigkeit der Strahlung des schwarzen Körpers von Temperatur und Farbe? Die Abhängigkeit von der Temperatur allein wird durch das Stefansche Gesetz dargestellt, welches aussagt, daß die Gesamtemission eines absolut schwarzen Körpers mit der vierten Potenz seiner absoluten Temperatur wächst. Unter der absoluten Temperatur ist dabei die vom absoluten Nullpunkt -273^0C aus in Celsiusgraden gemessene Temperatur zu verstehen, die also immer um 273^0 größer ist als die entsprechende Temperatur der Celsiusskala. Stefan hat dieses Gesetz empirisch gefunden und glaubte, daß es für alle Körper gelte. Nach vielen Arbeiten, die bald die Richtigkeit des Gesetzes bestätigten, bald bestritten, leitete dann Boltzmann seine Gültigkeit für den schwarzen Körper theoretisch ab, und für diesen hat es sich auch experimentell immer bestätigt gefunden.

Komplizierter ist die Abhängigkeit der Emission von der Farbe, d. i. die Beziehung, die angibt, wie groß bei einer bestimmten Temperatur die emittierte Energie für eine bestimmte Wellenlänge ist. Nach einer langen Reihe von Untersuchungen hat sich schließlich

eine von Planck theoretisch abgeleitete Gleichung bestätigt gefunden, welche lautet:

$$J = \frac{C \cdot \lambda^{-5}}{e^{-\frac{c}{\lambda T}} - 1}$$

wo J die Emission der Wellenlänge λ bei der Temperatur T bedeutet und c und C Konstanten sind. Schon vorher hatte W. Wien gefunden, daß $J \cdot \lambda^5$ gleich einer Funktion von $\lambda \cdot T$ sei, eine Beziehung, die man als Wiensches Verschiebungsgesetz bezeichnet. Verschiebungsgesetz heißt die Beziehung deshalb, weil sie gestattet, die Kurve der Emission für jede Temperatur aufzustellen, wenn sie für eine einzige bekannt ist, also gleichsam diese eine vorhandene Kurve zu verschieben. Nehmen wir z. B. an, in der Figur 35 haben wir in der Kurve AB die Abhängigkeit der emittierten Energie von der Wellenlänge für eine bestimmte Temperatur, etwa T. Wollen wir die Kurve etwa für die doppelte Temperatur T_1 feststellen, so wird aus der Funktion $f(\lambda)$ die Funktion $f(2\lambda)$, was ohne weiteres aus dem Wienschen Verschiebungsgesetze folgt. Wir haben also jetzt alle Ordinaten für die Werte λ als solche für die Werte 2λ einzutragen. Die dann entstehende Kurve ist offenbar $f(2\lambda)$. Die Ordinaten sind dann alle noch mit der durch T dividierten Differenz der 5. Potenzen der beiden Temperaturen T und T_1 zu multiplizieren. Die sich ergebende Kurve ist die Emission für alle Wellenlängen bei der Temperatur T_1.

Aus der Planckschen Formel ergibt sich noch ein Gesetz, das ebenfalls schon vorher durch Wien gefunden war. Die Kurve der Energie als Funktion der Wellenlänge für eine bestimmte Temperatur ist immer wie in Figur 35 so beschaffen, daß sie zuerst ansteigt, dann ein Maximum erreicht und wieder abfällt. Die ausgesandte Energie ist also für jede Temperatur für eine Wellenlänge am größten. Das in Rede stehende Gesetz sagt nun aus, daß das Produkt aus der Wellenlänge, bei der dieses Maximum erreicht wird, und aus der Temperatur, für die die Kurve gilt, bei allen Temperaturen denselben Wert hat. Bezeichnen wir die Wellenlänge der maximalen Energie bei der Temperatur T mit λ_m, so gilt

$$\lambda_m \cdot T = \text{Const.}$$

Die Konstante hat ungefähr den Wert 3000, wenn T in absoluten Graden gemessen wird. Die Wellenlänge muß dabei in μ gemessen werden. Man sieht aus dieser Gleichung, daß das Maximum der

Energie, je größer *T* wird, mehr und mehr zum violetten Teil des Spektrums rücken muß. Während es z. B. für 1000^0 absolut gleich 727^0 C bei 3 μ, d. i. weit im Ultraroten liegt, befindet es sich für etwa 6000^0 absolut bei etwa 0,5 μ, also im grünen Teil des Spektrums.

Wir wollen schließlich noch auf die experimentelle Herstellung eines absolut schwarzen Körpers eingehen. Schon Kirchhoff hatte darauf hingewiesen, daß die Innenfläche eines allseitig geschlossenen Hohlraums mit absorbierenden Wänden oder ein Körper, der in einem solchen Hohlraum strahlt, wie ein absolut schwarzer emittieren müsse. Haben wir eine Hohlkugel mit einer gegen die Größe der Oberfläche nicht in Betracht kommenden kleinen Öffnung, in die wir einen Strahl fallen lassen (Fig. 36), so wird an der gegenüberliegenden Wand ein Teil absorbiert, der Rest aber reflektiert werden. Eine solche Reflexion findet bei einem rauhen Körper nach allen Seiten, oder wie man sagt diffus, statt. Von der getroffenen Stelle gehen nach allen Seiten Strahlen aus, die auf die andern Teile der Wand treffen und dort wieder teils absorbiert, teils reflektiert werden. So geht die Sache weiter, bis alles einfallende Licht absorbiert ist. Nur die verschwindend kleine Menge, die auf die Öffnung trifft, kann wieder nach außen gelangen, wird also nicht absorbiert. Wir haben einen Körper vor uns, der praktisch alle Strahlen, die auf ihn auffallen, absorbiert, sich also in dieser Beziehung wie ein absolut schwarzer Körper verhält, soweit Strahlen in Betracht kommen, die auf seine Öffnung auffallen. Nach dem Kirchhoffschen Gesetz muß die Öffnung sich auch in Bezug auf die Emission wie ein schwarzer Körper verhalten. Wir haben auf diese Weise künstlich einen absolut schwarzen Körper hergestellt.

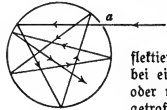


Fig. 36.

Jetzt verstehen wir auch den Fehler in Drapers Versuchsanordnung, die wir oben erwähnten, und erkennen, weshalb sein Gesetz bei dieser Anordnung Gültigkeit haben mußte. Der verwendete Hohlraum, in diesem Falle eine Röhre, strahlte eben ganz unabhängig vom Inhalt immer wie ein schwarzer Körper, und ein solcher beginnt seine Lichtemission natürlich immer bei derselben Temperatur. Ganz ähnlich war es mit dem Stefanschen Gesetz, bzw. mit dem Streit über seine Gültigkeit oder Ungültigkeit. Das Gesetz gilt (S. 46)

nur für den absolut schwarzen Körper. Diejenigen Beobachter nun, die dadurch, daß sie die zu untersuchenden Körper in einen Ofen einschlossen, unbewußt einen schwarzen Körper herstellten, fanden Stefans Gesetz bestätigt, die andern nicht.

Wie erwähnt, hatte schon Kirchhoff die Möglichkeit der Verwirklichung des schwarzen Körpers in der beschriebenen Weise ausgesprochen, die Methode geriet aber in Vergessenheit, und erst Lummer und Wien haben 1895 auf diese Weise absichtlich einen schwarzen Körper hergestellt.

Ähnlich wie ein absolut schwarzer Körper strahlen auch feste und flüssige Stoffe, wenn sie durch Temperaturerhöhung zum Leuchten erregt werden. Nach dem Kirchhoffschen Gesetz werden jedoch diejenigen Wellenlängen fehlen, für die der Körper durchsichtig ist, oder die er reflektiert, die er also nicht absorbiert. Diejenigen, für die der Körper teilweise durchsichtig ist, werden bei bestimmter Temperatur geringere Energie haben als die gleiche Wellenlänge des absolut schwarzen Körpers bei dieser Temperatur.

Jedenfalls haben wir es bei festen und flüssigen Körpern immer mit kontinuierlichen Spektren zu tun, d. h. mit solchen, bei denen in einem bestimmten Spektralbereich Strahlen aller möglichen unendlich benachbarten Wellenlängen ausgestrahlt werden.

17. Spektra leuchtender Dämpfe und Gase.

Während, wie wir im vorigen Abschnitt sahen, die festen und flüssigen Körper kontinuierliche Spektren emittieren, haben wir bei leuchtenden Dämpfen und Gasen meist diskontinuierliche Emission, also die Aussendung verhältnismäßig weniger, getrennt voneinander liegender bestimmter Wellenlängen.

Nimmt man an, daß die Moleküle eines Körpers, oder nach neuerer Anschauung die Elektronen, das sind kleine elektrisch geladene Teilchen, die Zentren der Lichtemission sind, so lassen sich die Erscheinungen folgendermaßen erklären. Die Moleküle, bzw. die Elektronen sind bestimmter Schwingungen fähig, deren Dauer von der Beschaffenheit des Moleküls, bzw. der Anzahl und Gruppierung der Elektronen auf ihm abhängt. Bei festen und flüssigen Körpern liegen nun die Moleküle so dicht beisammen, daß eine gegenseitige Störung der Schwingungen stattfindet, so daß regellose Schwingungen aller möglichen Schwingungsdauern entstehen, die sich dem umgebenden Äther mitteilen und in unserm Spektroskop das kontinuierliche Spektrum ergeben. Anders bei Gasen und Dämpfen. Hier liegen

die Moleküle so weit auseinander, daß die Einwirkungen der Nachbarmoleküle bedeutungslos sind. Die den Molekülen oder ihren Elektronen eigenen Schwingungen können sich entwickeln, sobald sie durch Einwirkung von außen wie Temperaturerhöhung oder elektrische Entladungen angeregt werden. Es werden also bestimmte, für jedes Gas verschiedene Wellenlängen ausgesandt, die sich im Spektroskop als Linien darstellen.

In vielen Fällen zeigen diese Linien eine sofort ins Auge fallende Gruppierung. Sie sind nämlich so angeordnet, daß auf eine starke Linie in zuerst engem, dann immer weiter und weiter werdendem Abstande schwächere und immer schwächere Linien folgen, so daß eine Schattierung von einer scharfen Kante aus entsteht. Solche Spektren nennt man Bandenspektra, während diejenigen, die eine solche Regelmäßigkeit nicht erkennen lassen, als Linienspektra bezeichnet werden. Die Linien der Bandenspektra liegen oft so dicht beisammen, daß eine Trennung mit einem gewöhnlichen Spektroskope gar nicht möglich ist. Man spricht dann von nicht aufgelösten Banden. Ein Linienspektrum, nämlich ein Teil des Eisenspektrums und ein Bandenspektrum, nämlich das des Zyans, welches in der gewöhnlichen elektrischen Bogenlampe mit Kohleelektroden auftritt, sind in Fig. 37 und 38 (siehe Tafel) abgebildet. Beide sind mit einem Rowlandschen Konkavgitter größter Sorte von 6,6 m Krümmungsradius aufgenommen.

Der Unterschied zwischen Linien- und Bandenspektren ist augenfällig. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, daß Bandenspektren vorwiegend von chemischen Verbindungen und Elementen bei verhältnismäßig niedriger Temperatur ausgesendet werden. Bei hoher Temperatur geben dagegen die Elemente meist Linienspektra, während die Verbindungen ebenfalls solche, nämlich diejenigen der Elemente, aus denen sie zusammengesetzt sind, ergeben. So sind z. B. viele Metallspektren, wenn sie im Knallgasgebläse erzeugt werden, vorwiegend Bandenspektra mit nur wenigen einzeln liegenden Linien, während im Bogen die Banden gegen die Linien vollkommen zurücktreten. Man hat das damit erklärt, daß bei höherer Temperatur die Moleküle zerfallen, daß, wie man sagt, Dissoziation eintritt, und daß die komplizierter gebauten Moleküle Bandenspektra, die einfachen Atome Linienspektra ergeben. Indes ist die ganze Frage der Entstehung von Banden- und Linienspektren noch ziemlich unaufgeklärt.

18. Gesetzmäßigkeiten in Banden- und Linienspektren.

Wenn auch die Entstehung der Spektren noch ziemlich unbekannt ist, so sind doch in ihrem Bau schon eine ganze Menge von Gesetzmäßigkeiten entdeckt worden, die vielleicht einmal einen Rückschluß auf jene ermöglichen. Wir bemerkten schon, daß bei den Bandenspektren das Vorhandensein einer Gesetzmäßigkeit meist augenfällig ist. Mit dem Bau der Bandenspektren hat sich besonders Deslandres beschäftigt und hat dafür in der Hauptsache zwei Gesetze aufgestellt. Das erste von ihnen handelt von dem Aufbau einer einzigen Bande, während das zweite eine Beziehung zwischen verschiedenen Banden eines Spektrums darstellt. Sie lauten folgendermaßen:

1. In jeder Bande lassen sich Serien von Linien aussondern, die von der Kante, oder, wie man auch sagt, von dem Kopfe der Bande ausgehen, und deren Schwingungszahlen eine arithmetische Reihe bilden.

2. Die einzelnen Banden eines Bandenspektrums lassen sich ebenfalls in Serien ordnen, so daß die Schwingungszahlen der Bandenköpfe dem ersten Gesetz folgen.

Diese Deslandresschen Gesetze sind sehr oft geprüft worden und haben sich immer nur als Annäherungen erwiesen. Das erste Gesetz besonders ist sehr vielfach untersucht worden, und dabei hat sich fast immer gezeigt, daß es nur für die ersten Linien einer Serie gilt, während die Linien, die weiter von der Kante entfernt liegen, Abweichungen aufweisen. Nach Deslandres' Gesetz müßten ja die Abstände der Linien, sofern es sich um ein normales Spektrum handelt, mit wachsendem Abstand von der Kante immer mehr zunehmen. Das ist indes nicht der Fall, es hat sich vielmehr eine Vermutung von Thiele als wahrscheinlich herausgestellt, nach der die Abstände der Linien sich von der Kante aus zuerst erweitern, nach einiger Zeit jedoch ein Maximum erreichen und wieder zu einer umgekehrt liegenden Kante zusammenlaufen (Fig. 39), so daß also die Banden nicht nur Köpfe, sondern auch „Schwänze" haben. Ähnlich scheint es auch mit dem zweiten Gesetz zu sein, so daß sich auch die Abstände der Bandenköpfe in den Serien zuerst erweitern, dann aber wieder kleiner werden. Die Prüfung des zweiten Gesetzes ist schwerer als die des ersten, weil hier immer nur sehr wenige Glieder der Serien ausgebildet sind.

Auch in den Linienspektren hat man Serien aufgestellt, deren Linien durch Aussehen, Anordnung usw. eine gewisse Ähnlichkeit

zeigen. Eine ganze Reihe von Metallen zeigen solche Serien, wie z. B. die Alkalimetalle. Bei diesen letzteren werden alle Linien des Spektrums von diesen Serien umfaßt, und zwar sind drei Serien von Paaren vorhanden, die nach Kayser und Runge als Hauptserie, als erste und zweite Nebenserie bezeichnet werden. So enthält beim Natrium die Hauptserie die beiden *D*-Linien, die bekannten Linien, die bei der Betrachtung einer mit Kochsalz gelb gefärbten Bunsenflamme auftreten, und deren Wellenlängen 5890 und 5896 Angströmsche Einheiten betragen. Die Serien lassen sich nach Balmer durch die Gleichung



Fig. 39.

$$\lambda = h \cdot \frac{m^2}{m^2 - 4}$$

darstellen, wo h eine Konstante ist und m die Reihe der ganzen Zahlen bedeutet von der Zahl 3 an gerechnet.

Nach Kayser und Runge wird die Gesetzmäßigkeit besser dargestellt durch die Beziehung:

$$\frac{1}{\lambda} = A + \frac{B}{m^2} + \frac{C}{m^4} + \cdots,$$

wo A, B, C usw. Konstanten sind und m dieselbe Bedeutung hat wie vorher. Bei einzelnen Elementen sind solche Serien sehr weit zu verfolgen gewesen, wie besonders beim Wasserstoff und noch mehr beim Natrium, wo Wood bis zu 50 solcher Serienlinien feststellen konnte. Diese Linien einer Serie laufen nach einer Stelle hin zusammen, wie man z. B. aus der Kayserschen Formel sofort sieht, wenn man m unendlich groß werden läßt. Denn dann wird

$$\frac{1}{\lambda} = A,$$

und A ist das theoretische Ende der Serie. Es ist interessant, daß Wood bei der besprochenen Natriumserie dem theoretischen Ende bis auf etwa 4 AE nahe gekommen ist. Die größte vor Wood erreichte Anzahl im Laboratorium beobachteter Serienlinien betrug 12. Die Wasserstoffserie, die die größte bis dahin bekannte Gliederzahl aufwies (30), kommt im Spektrum der Sonne vor. Was diese Serien zu bedeuten haben und wie sie entstehen, wissen wir noch nicht be-

stimmt. Indes haben diese Serien in Linienspektren sich der Theorie erheblich zugänglicher gezeigt als die der Bandenspektra. In den Rahmen dieses Buches gehören indes die Versuche einer Theorie der Serienspektra noch nicht. Es ist jedoch sehr bemerkenswert, daß diese Serien bei Metallen, die auch sonst einen ähnlichen Charakter aufweisen, ähnlich gebaut sind; wie schon erwähnt zeigen alle Alkalimetalle Serien von Linienpaaren. Die Lage der Serien ist dabei vom Atomgewicht abhängig. Wir scheinen also hier auf dem Wege zu einer Erkenntnis molekularer Verhältnisse zu sein.

19. Spektralanalyse.

Kirchhoff und Bunsen sprachen zuerst den Satz in aller Deutlichkeit aus, daß jedes Element im gasförmigen Zustande ein bestimmtes, unveränderliches Spektrum habe, und gründeten darauf eine Methode der chemischen Analyse, die Spektralanalyse. Sie benutzten zur Erzeugung der Spektra meist den Bunsenbrenner, der sich für eine Anzahl von Elementen, besonders für die leicht flüchtigen Alkalimetalle, ganz gut eignet. Das Metall wird als solches oder in Form einer Verbindung, eines Salzes, in die Bunsenflamme gebracht. Die Salze zerfallen bei dieser Temperatur und ergeben ebenso wie das Metall selbst das Spektrum desselben. Für die meisten Elemente reicht allerdings die Temperatur des Bunsenbrenners nicht zur Erzeugung leuchtender Dämpfe aus, und man verwendet deshalb heutzutage meist den elektrischen Lichtbogen zur Hevorrufung des Spektrums, oder man benutzt auch den elektrischen Funken, der zwischen Elektroden aus dem zu untersuchenden Material übergeht. Die beigegebenen Tabellen geben die Wellenlängen der wichtigsten Linien in den Bogenspektren der Elemente. Die Funkenspektren weichen teilweise erheblich von den Bogenspektren ab, indem die Intensität der Linien sich gegen die im Bogen ändert. In Fig. 40 (siehe Tafel) sind Bogen- und Funkenspektrum des Eisens untereinander abgebildet, wobei dieser Unterschied deutlich hervortritt. Man sieht also, daß die Spektren eines Elementes durchaus nicht, wie Kirchhoff und Bunsen noch meinten, unveränderlich sind, sondern wesentlich von den Erzeugungsbedingungen, namentlich der Temperatur abhängen. Wenn man aber die Erzeugungsbedingungen kennt und für die nötige Konstanz derselben sorgt, so läßt sich ein Körper an seinem Spektrum immer wieder erkennen.

Die Spektralanalyse ist nun eine außerordentlich empfindliche Methode zum Nachweis kleiner Substanzmengen. So gibt nach Kirch-

hoff und Bunsen noch 1/14 000 000 Milligramm Natrium in der Bunsenflamme verdampft die *D*-Linien, die charakteristischen Linien des Natriums, und ähnliche, wenn auch nicht ganz so kleine Mengen genügen zum Nachweis anderer Elemente. Mit Hilfe der Spektralanalyse sind denn auch eine Reihe von Elementen, die nur in geringer Menge vorkommen oder sich chemisch so indifferent verhalten, daß sie den Chemikern entgangen waren, neu entdeckt worden. Rubidium, Zäsium, Indium, Gallium sowie die sogenannten Edelgase Helium, Neon, Krypton und Xenon verdanken dem Spektroskope ihre Entdeckung.

Außer den Elementen haben, wie wir schon erwähnten, die Verbindungen Spektra, die meist Bandenspektra sind. Ihre Zahl ist natürlich ganz ungeheuer groß, wir können deshalb hier keine Tabellen derselben geben, auch sind sie noch sehr wenig erforscht. Indes verspricht gerade ihr genaues Studium durch Vergleich der Spektra ähnlicher Verbindungen wichtige Aufschlüsse zu geben.

20. Absorptionsspektra.

Über Absorption haben wir schon bei der Behandlung des Kirchhoffschen Gesetzes gesprochen. Dieses sagte aus, daß ein Körper diejenigen Wellenlängen, die er emittiert, auch absorbiert. Daraus werden wir zu folgern haben, daß, wenn wir durch eine Schicht eines emittierenden Körpers weißes Licht schicken, welches heller ist als das von dem Körper ausgesandte Licht, im kontinuierlichen Spektrum dieses weißen Lichtes dunkle Streifen entstehen müssen, da, wo die vom Körper emittierten Wellenlängen liegen würden. Denn an diesen Stellen ist das von der weißen Lichtquelle stammende Licht absorbiert. An diese Stelle gelangt nur das von dem emittierenden Körper stammende Licht, und da dieses schwächer ist als das von der weißen Lichtquelle an dieser Stelle ausgesandte, so entsteht durch die Kontrastwirkung gegen die nicht ausgelöschten benachbarten Strahlen des weißen Lichtes ein dunkler Streifen auf hellem Grunde. In der Tat zeigt sich, wenn wir das weiße Licht einer elektrischen Bogenlampe durch Natriumdampf schicken, der durch Verdampfen eines Stückchens Natrium über einer Bunsenflamme erzeugt ist, im kontinuierlichen Spektrum des Kohlebogens eine dunkle Linie. Sie befindet sich an der Stelle, wo die Natriumlinie liegt, wenn wir die Bogenlampe durch eine Natriumflamme ersetzen, so daß deren Licht im Spektroskop wirkt. Bei Gasen und Dämpfen

hoher Temperatur ist daher das Absorptionsspektrum einfach die Umkehrung des Emissionsspektrums.

Einen interessanten Fall von Absorption dieser Art bildet die sogenannte Selbstumkehr von Spektrallinien. Sehr oft zeigen nämlich die Bogenspektren Linien, die in der Mitte einen dunklen Streifen haben (Fig. 41). Dieser Streifen wird durch nichts anderes als durch Absorption hervorgerufen. Im elektrischen Lichtbogen ist naturgemäß die Mitte heißer als die mit der umgebenden Luft in Berührung stehenden äußeren Teile. Der Dampf, der im heißen Kern des Bogens erzeugt wird, und der die Emission hauptsächlich besorgt, ist also von einer kühleren Dampfhülle umgeben. Diese kühlere Schicht absorbiert einen Teil der von dem Kern kommenden Strahlen, und daß nur die mittleren Wellenlängen absorbiert werden, ist folgendermaßen zu erklären. Mit zunehmender Dichte eines Dampfes werden die Absorptionslinien breiter. Nun ist der Kern des Bogens heißer und der hier befindliche Dampf deshalb dichter als der in der Hülle. Die letztere wird also eine schmalere Linie emittieren als der Kern, und deshalb muß nach dem Kirchhoffschen Gesetz auch die Absorptionslinie schmaler sein. Die Mitte emittiert daher eine breitere Linie, wie die Hülle absorbiert. Die Selbstumkehrbarkeit ist eine sehr häufige Eigenschaft der Spektrallinien, indes gibt es viele Linien, bei denen sie noch nicht beobachtet werden konnte. Besonders leicht umkehrbar sind die Linien aus der Hauptserie der Alkalimetalle.

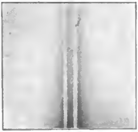


Fig. 41.
Selbstumkehr der Natriumlinien.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß man zum Studium eines leuchtenden Dampfes sein Absorptionsspektrum ebensogut benutzen kann wie sein Emissionsspektrum. Was aber die Absorptionsspektra besonders wichtig macht, das ist die durch sie gebotene Möglichkeit, Spektra von Körpern zu erzeugen, die aus irgendeinem Grunde nicht zum Selbstleuchten gebracht werden können. Das sind vor allem die Spektra von Verbindungen, die schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur dissoziieren, sowie die Spektra fester und flüssiger Körper, die bei der Emissionstemperatur schon in Dampf verwandelt sein würden. Die Absorptionsspektra der Verbindungen sind in den allermeisten Fällen Bandenspektra, deren Banden sich nicht in Linien auflösen lassen. Während diese Banden bei Dämpfen

und Gasen ziemlich scharf sind, zeigen Flüssigkeiten und feste Körper, wie das ja auch nach ihrer Emission zu erwarten ist, breite, verwaschene Bänder, die meist große Teile des Spektrums einnehmen. Einige Photographien solcher Absorptionsspektra sind in Fig. 42 (siehe Tafel) gegeben. Es sind die Spektren des Benzoldampfes und einer Lösung von Neodymchlorid.

Es ist klar, daß die Photographie nur qualitative Messungen der Absorption gibt. Quantitative Messungen der Absorption können z. B. mit dem Bolometer oder der Thermosäule gemacht werden, indes soll darauf hier nicht eingegangen werden.

21. Absorption und Dispersion.

Wir haben früher als normale Dispersion eine solche bezeichnet, bei der die Ablenkung der Strahlen durch ein Prisma mit der Wellenlänge sich immer in derselben Richtung ändert, nämlich mit abnehmender Wellenlänge zunimmt. Eine Dispersion, bei der das nicht der Fall war, hatten wir als anomale Dispersion bezeichnet. Es gibt nun tatsächlich viele Körper, die ein solches anomales Verhalten zeigen, ja wir werden sogar sehen, daß die normale Dispersion nur ein spezieller Fall der anomalen Dispersion ist.

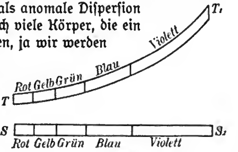


Fig. 43.

Benutzt man in einem Spektrometer nicht ein Glasprisma, sondern ein Hohlprisma, das mit einer Lösung von Fuchsin in Alkohol gefüllt ist, als dispergierenden Körper, so zeigt das entstehende Spektrum nicht die gewöhnliche Reihenfolge der Spektralfarben, sondern Blau und Violett sind am wenigsten abgelenkt, Grün fehlt ganz, dann folgt Rot, und Gelb ist am weitesten abgelenkt. Rot und Gelb haben also ihre Stelle im Spektrum mit Blau und Violett vertauscht, die früher brechbarsten Strahlen sind also am wenigsten brechbar geworden. Die Brechungsexponenten einer solchen Fuchsinlösung sind dementsprechend für Blau und Violett am kleinsten, für Rot und Gelb am größten.

Über den Verlauf der Brechungsexponenten kann man sich sehr schön ein Bild machen, wenn man die von Kundt angegebene Methode der gekreuzten Prismen benutzt. Entwerfen wir nämlich mittels eines Glasprismas das Spektrum eines sehr kurzen Spaltes, der mit weißem Licht beleuchtet wird, so bildet dieses einen ziemlich

schmalen Streifen SS_1 (Fig. 43), der, wenn die brechende Kante des Prismas vertikal steht, horizontal liegt. Lassen wir diesen Streifen auf ein zweites Glasprisma fallen, dessen brechende Kante horizontal liegt, so wird durch dieses Prisma wieder eine Ablenkung hervorgerufen, und zwar wird Rot am wenigsten, Violett am meisten abgelenkt. Aus dem Streifen SS_1 wird also etwa die Kurve TT_1 werden. Ist das Prisma dagegen ein Fuchsinprisma, so ist die Ablenkung durch dasselbe nicht regelmäßig, da ja die roten und gelben Strahlen mehr verschoben werden als die blauen und violetten, während die grünen vollständig absorbiert werden. Die früher stetige Kurve TT_1 bekommt hier eine Unstetigkeitsstelle, und zwar liegt diese im Absorptionsstreifen. Bis zur Wellenlänge des Absorptionsstreifens wächst der Brechungsexponent sehr schnell, um im Absorptionsstreifen selbst sehr stark abzunehmen und dann allmählich wieder zu wachsen. Es ergibt sich ein Bild, wie es in Fig. 44 gezeichnet ist.

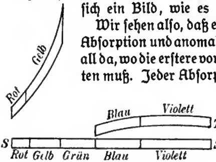


Fig. 44.

Wir sehen also, daß ein enger Zusammenhang zwischen Absorption und anomaler Dispersion besteht, indem überall da, wo die erstere vorhanden ist, auch die letztere auftreten muß. Jeder Absorptionsstreifen beeinflußt auf mehr oder weniger lange Strecken die Brechungsexponenten der ihm benachbarten Wellenlängen. Auch bei leuchtenden Dämpfen wird also eine solche anomale Dispersion vorhanden sein, da ja nach dem Kirchhoffschen Gesetz die emittierten Wellenlängen auch absorbiert werden. Wenn wir also bei der Methode der gekreuzten Prismen das zweite Prisma mit horizontaler Kante durch ein Dampfprisma ersetzen, so muß bei den Wellenlängen der Emission des Dampfes eine Ausbiegung der entstehenden Kurve eintreten, wie wir sie in Fig. 44 sahen. In der Tat hat schon Kundt im Jahre 1880 diese Erscheinung beobachten können. Er verdampfte einfach ein Stückchen Natrium in einer Bunsenflamme und benutzte die Flamme selbst als Dampfprisma. Sie wirkt nämlich in ihrem oberen Teil als solches, weil ihre Dichte oben geringer ist als in der Mitte, so daß der Effekt derselbe ist, als wenn wir ein Prisma mit nach oben gerichteter brechender Kante hätten. Wenn die Dispersion des ersten Spektralapparates dann genügend groß ist, um die beiden D-Linien zu trennen, so ergibt sich das

Bild der Fig. 45. Später ist dann gezeigt worden, daß die Erscheinung der anomalen Dispersion an Spektrallinien eine ziemlich allgemeine Erscheinung ist, wie es z. B. die Untersuchungen von Kundt, Ebert, Puccianti und andern ergeben haben, und daß sie da, wo sie noch nicht beobachtet wurde, nur wegen ihrer geringen Größe wahrscheinlich nicht wahrgenommen werden konnte.

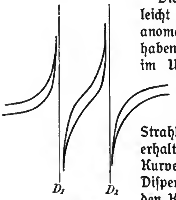


Fig. 45.

Die normale Dispersion ist, wie man jetzt leicht einsieht, nur ein spezieller Fall der anomalen; die Körper, die normal dispergieren, haben eben ihren stärksten Absorptionsstreifen im Ultraviolett, der das ganze sichtbare Spektrum beeinflußt und natürlich die Brechungsexponenten der ihm am nächsten benachbarten blauen und violetten Strahlen am meisten affiziert. Auf diese Weise erhalten wir von der in Fig. 44 gezeichneten Kurve nur den linken Ast, und das ist die Dispersionskurve eines normal dispergierenden Körpers.

Die Theorien der Dispersion, wie sie von Sellmeyer, Helmholtz und später von Drude und Planck besonders ausgebildet sind, sollen hier nicht besprochen werden.

22. Veränderlichkeit der Spektren.

Als Kirchhoff und Bunsen ihre Spektralanalyse begründeten, meinten sie, daß jedes Element ein vollkommen unveränderliches Spektrum besitze. Verbindungsspektra kannten sie überhaupt noch nicht. Wir erwähnten indes schon, daß die Spektren ganz wesentlich von ihren Erzeugungsbedingungen abhängig sind, und wiesen auf den Unterschied zwischen Bogen- und Funkenspektrum hin. Wir wissen jetzt, daß sehr viele Elemente eine ganze Reihe verschiedener Spektren haben, die vollständig verschieden voneinander sind. Besonders die Metalloide zeigen fast alle mehrere Spektren: Wasserstoff hat zwei Spektren, ein aus wenigen Linien bestehendes Serienspektrum und ein anderes, das sogenannte Viellinienspektrum, das auch gelegentlich als Bandenspektrum bezeichnet wird, obwohl es kein solches ist. Sauerstoff, Schwefel, Arsen, Phosphor usw. zeigen je nach den Erzeugungsbedingungen verschiedene Spektren, deren wir z. B. beim Phosphor acht kennen.

handelt es sich bei diesen Verschiedenheiten um einander vollkommen unähnliche Spektren, so gibt es auch in Spektren, deren Erzeugungsbedingungen wesentlich dieselben sind, kleinere Änderungen, die weniger augenfällig sind, und die durch verschiedene Umstände hervorgerufen werden. Sie bewirken z. B. kleine Verschiebungen der Linien und kleine Änderungen ihres Aussehens.

So werden in den Bogenspektren durch Anwendung sehr großer Stromstärken die Linien verbreitert, was, wie wir schon früher erwähnten, auf die in diesem Falle größere Dampfdichte zurückzuführen ist. Dabei können diese Verbreiterungen symmetrisch, d. h. nach beiden Seiten gleich stark oder, was auch sehr häufig vorkommt, auch nur einseitig sein. Solche einseitige Verbreiterungen rufen dann vielfach den Eindruck von Linienverschiebungen hervor, ohne daß es sich in Wirklichkeit um solche handelt.

Aber auch wirkliche Linienverschiebungen kommen vor. Sicher nachgewiesen sind sie bei Erhöhung des Drucks um die das Spektrum aussendende Lichtquelle. Sie erfolgen mit zunehmendem Druck nach längeren Wellenlängen und können bis zu 10 AE betragen.

Noch zwei Einflüsse müssen wir besprechen, die eine Verschiebung von Spektrallinien zur Folge haben, nämlich die Verschiebungen nach dem Dopplerschen Prinzip und den Zeemaneffekt.

Beim Dopplerschen Prinzip handelt es sich um Verschiebungen der Spektrallinien, die durch Bewegungen der die Linien emittierenden Lichtquelle hervorgerufen werden. Nehmen wir an, eine Lichtquelle, die in der Ruhe Licht von der Wellenlänge λ aussende, befinde sich in schneller Bewegung auf uns zu. Eine Lichtwelle, die von ihr ausgeht, braucht eine bestimmte Zeit, um unser Auge, bzw. den zur Beobachtung verwendeten Apparat zu treffen. Wäre die Lichtquelle in Ruhe, so würde eine zweite Welle, die nach der vorigen emittiert würde, dieselbe Zeit gebrauchen wie die vorige, die beiden Wellen würden also mit derselben Zeitdifferenz im Auge, bzw. Apparat aufeinanderfolgen wie bei der Emission an der Lichtquelle. Infolge der Bewegung der Lichtquelle auf uns zu ist aber der Weg, den die zweite Welle zurückzulegen hat, kleiner als der der ersten, die Zeit, in der sie bis zu uns gelangt, also kleiner als das erstemal. Die beiden Wellen werden also nicht in derselben Zeit aufeinanderfolgen, wie sie es bei ihrer Emission an der Lichtquelle taten, sondern in kürzerer Zeit. Dasselbe gilt für die weiter-

folgenden Wellen. Die Dauer einer einzelnen Schwingung und damit auch die Anzahl der Schwingungen, die in einer Sekunde unser Auge treffen, die Schwingungszahl wird dadurch geändert: Die Schwingungsdauer wird verkürzt, die Schwingungszahl vergrößert. Da nun die Wellenlänge umgekehrt proportional der Schwingungszahl ist, so wird die Wellenlänge scheinbar verkleinert werden, und in einem Spektralapparat muß demnach eine Linie, die von einer in Bewegung auf uns zu befindlichen Lichtquelle emittiert wird, gegen die entsprechende bei ruhender Lichtquelle beobachtete Linie nach dem violetten Ende des Spektrums verschoben sein. Ebenso wird, wenn die Lichtquelle sich von uns wegbewegt, eine Verschiebung der Linien nach Rot eintreten.

Ist v die Lichtgeschwindigkeit, u die Geschwindigkeit der sich bewegenden Lichtquelle, die sich von uns in der augenblicklichen Entfernung s befinden möge, so braucht die Lichtbewegung bis zu uns hin

$$\frac{v}{s} \text{ Sekunden.}$$

In der Zeit, welche die Lichtquelle braucht, um eine neue Welle auszusenden, d. h. wenn die Zahl der Schwingungen pro Sekunde n ist, in $1/n$ Sekunden, hat sie sich um a/n fortbewegt. Die Zeit, nach der diese Welle zu uns gelangt, ist also nur

$$\frac{s - \frac{a}{n}}{v} \text{ Sekunden.}$$

Die neue Welle kommt daher um $a/n \cdot v$ Sekunden zu früh bei uns an, d. h. die Dauer einer Schwingung ist nicht mehr $1/n$, sondern

$$\frac{1}{n}\left(1 - \frac{a}{v}\right).$$

Daraus folgt für die scheinbare Wellenlänge λ'

$$\lambda' = \lambda\left(1 - \frac{a}{v}\right),$$

wo λ die wirkliche Wellenlänge bezeichnet. Entsprechend ist für eine sich von uns wegbewegende Lichtquelle, die Licht von der Wellenlänge λ emittiert, die scheinbare Wellenlänge

$$\lambda' = \lambda\left(1 + \frac{a}{v}\right).$$

Aus der Formel kann man erkennen, daß a verhältnismäßig sehr groß sein muß, damit eine merkliche Verschiebung zustande kommt. Denn v, die Lichtgeschwindigkeit, steht im Nenner, und da sie 300000 km pro Sek. beträgt, macht sie a/v praktisch zu o, wenn nicht auch a genügend groß ist. Bei irdischen Lichtquellen ist daher die Aussicht, eine merkliche Verschiebung zu bekommen, gering. Die Fixsterne dagegen, die z.T. eine sehr schnelle Eigenbewegung haben und, wie wir später sehen werden, häufig Linienspektren emittieren, zeigen die Erscheinung, die nach ihrem Entdecker

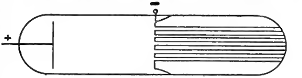


Fig. 46.

als Dopplereffekt bezeichnet wird, ganz deutlich. Ihn auch an irdischen Lichtquellen zu erhalten, ist Belopolski gelungen, der die Lichtquelle in Ruhe läßt und durch schnell bewegte Spiegel denselben Effekt hervorruft, als wenn die Lichtquelle sich bewegte. Dabei ist noch der Vorteil vorhanden, daß durch die Bewegung der Spiegel die scheinbare Bewegung der Lichtquelle die doppelte derjenigen ist, die durch eine gleichschnelle Bewegung der Lichtquelle selbst hervorgerufen würde.

Ein besonders interessanter Fall, wo eine irdische Lichtquelle den Dopplereffekt zeigt, findet sich bei den Kanalstrahlen, deren Wesen zunächst erläutert werden soll.

Die Kanalstrahlen entstehen in Vakuumröhren, ähnlich den schon besprochenen Geißlerschen. Das zu ihrer Erzeugung dienende Rohr (Fig. 46) hat zwei Elektroden, deren eine, die positive oder Anode, eine Platte ist, die sich an dem einen Ende der Röhre befindet. Die andere, negative Elektrode oder Kathode befindet sich in der Mitte der Röhre und ist siebartig durchlöchert. Evakuiert man nun die Röhre mit Hilfe einer Quecksilberluftpumpe genügend weit, so gehen außer den von der Kathode nach der Seite der Anode ausgehenden Kathodenstrahlen auch noch Strahlen durch die Öffnungen der Kathode nach der anderen Seite hin, die eben wegen der Art ihres Auftretens durch die Kanäle der Kathode von ihrem Entdecker Goldstein als Kanalstrahlen bezeichnet worden sind. Diese Strahlen zeigen je nach dem Gas, mit dem die Röhre gefüllt ist, ein verschiedenartiges Aussehen. In Wasserstoff haben sie z.B. eine schön rote Farbe, in Luft sind sie gelblich usw. Erzeugt man die

Kanalstrahlen in Wasserstoff und photographiert in der Strahlenrichtung, indem man einen Spektralapparat vor den Kopf der Röhre der Anode gegenüberbringt, so tritt im Serienspektrum des Wasserstoffs, wie J. Stark zuerst gezeigt hat, der Dopplereffekt auf. Das läßt darauf schließen, daß die Emission dieses Serienspektrums von schnell bewegten Teilchen herrührt, und andere Umstände lassen vermuten, daß es schnell bewegte, positiv elektrisch geladene Wasserstoffatome sind, die das Licht aussenden. Die Geschwindigkeit dieser Teilchen, die von der Spannung des die Kanalstrahlen erzeugenden elektrischen Stromes abhängt, ist so groß, daß die Verschiebung recht erheblich wird. Man sieht außer der verschobenen Linie jedesmal auch die nicht verschobene, was daher kommt, daß es in der Röhre auch Wasserstoffatome gibt, die sich senkrecht zur Strahlenrichtung bewegen oder sich in Ruhe befinden. Bei einer Beobachtung senkrecht zur Kanalstrahlenrichtung tritt natürlich der Dopplereffekt nicht auf.

Beim Zeemanschen Phänomen handelt es sich um Veränderungen des Spektrums, die entstehen, wenn man die emittierende Lichtquelle in das Feld eines sehr kräftigen Magneten bringt. Schon Faraday, der große englische Physiker, hat nach einem solchen Einfluß gesucht, konnte ihn aber nicht finden, und erst Zeeman ist es gelungen, ihn festzustellen. Man benutzt dazu einen großen Elektromagneten, dessen Pole durchbohrt sind, so daß man sowohl in der Richtung der Verbindungslinie der beiden Magnetpole, d. i. in der Richtung der magnetischen Kraftlinien, als auch senkrecht dazu beobachten kann. Bringt man dann zwischen die Pole eine ein Linienspektrum emittierende Lichtquelle und erregt den Magneten, so erscheinen in dem Spektrum die Linien verdoppelt, wenn man in der Richtuug der magnetischen Kraftlinien, also durch die Durchbohrung des Magnets hindurch; sie erschienen verdreifacht, wenn man senkrecht zu dieser Richtung beobachtet. In Wirklichkeit ist der beschriebene nur der einfachste Fall des Zeemaneffektes. Meist ist er komplizierter. Für den einfachen Fall des Effektes hat Lorentz eine Theorie gegeben, die mit den Beobachtungen im Einklang steht, und die interessant genug ist, um hier besprochen zu werden. Sie stützt sich auf die Elektronentheorie des Lichtes, über die wir daher einige Worte sagen müssen.

23. Elektronentheorie.

Die Elektronentheorie, die wir schon gelegentlich erwähnten, ist begründet durch Erscheinungen, die in Vakuumröhren auftreten, und wesentlich gefördert worden durch die Phänome, die bei den neu entdeckten, Strahlen aussendenden Elementen Uran, Thor und Radium auftreten. Wir sahen schon, daß in einer ziemlich luftleer gepumpten Röhre, durch die ein elektrischer Strom geleitet wird, von der Kathode senkrecht zu ihrer Oberfläche Strahlen ausgehen, die da, wo sie die Glaswand treffen, diese zu heller Fluoreszenz erregen, so daß also der Kathode gegenüber ein grünlich leuchtender Fleck auf der Glaswand erzeugt wird, während die Kathodenstrahlen selbst unsichtbar sind. Hält man in die Nähe der Röhre einen Magneten, so sieht man, daß der helle Fleck auf der Glaswand abgelenkt wird, und zwar von den verschiedenen Polen des Magneten in verschiedener Richtung. Die Ablenkung geschieht dabei immer senkrecht zu den Kraftlinien des Magneten und wird um so größer, je näher man den Magneten an die Kathode bringt. Die Strahlen verhalten sich also wie ein elektrischer Strom, der frei durch die Röhre von der Kathode zur Glaswand fließt. Dabei ist der Sinn der durch den Magneten erzeugten Ablenkung so, als wenn es negative Elektrizität wäre, die von der Kathode ausgeht. Man hat nun angenommen, daß dieser Strom dadurch zustande komme, daß von der Kathode negativ elektrisch geladene Teilchen mit ziemlich großer Geschwindigkeit ausgeschleudert würden, und daß diese Teilchen, die man Elektronen oder mit J. J. Thomson auch Korpuskeln nennt, den Elektrizitätstransport von der Kathode zur Glaswand besorgen und so den Anschein eines elektrischen Stromes geben, der eben auf dieser Strecke fließt.

Durch eine Reihe von Untersuchungen, die wir hier nicht näher beschreiben wollen, konnte man einmal die Geschwindigkeit dieser Teilchen, dann aber auch das Verhältnis ihrer elektrischen Ladung zu ihrer Masse bestimmen. Es zeigte sich dann, daß dieses Verhältnis von Ladung zu Masse für Kathodenstrahlen gleicher Geschwindigkeit immer dasselbe ist und auch für andere Geschwindigkeiten nur Änderungen erleidet, die durch diese Geschwindigkeit selbst bedingt werden, daß also dieses Verhältnis unabhängig von den Erzeugungsbedingungen dieser Strahlen ist. J. J. Thomson konnte später auch auf sehr geniale Weise die Ladung eines solchen Teilchens selbst bestimmen, und es fand sich, daß der Wert dieser Ladung

der gleiche ist wie derjenige der Ladung eines Wasserstoffatoms in der Elektrolyse, der also von einem Wasserstoffatom z. B. bei der Zersetzung der verdünnten Schwefelsäure durch den elektrischen Strom (meist als Wasserzersetzung bezeichnet) transportiert wird. Es lag daher nahe, diesen überall auftretenden Wert einer elektrischen Ladung als elektrisches Elementarquantum anzusehen und ihm eine universelle Bedeutung beizulegen. In der Tat hat sich das Vorhandensein solcher Elektronen bei den verschiedensten elektrischen Erscheinungen gezeigt. So findet man, daß die von H. Becquerel entdeckten Strahlen des Urans, ferner die des Thors und des Radiums zum größten Teil aus solchen Elektronen oder Korpuskeln bestehen, die mit großer Geschwindigkeit von diesen strahlenden Körpern ausgesendet werden. Die Masse einer solchen Korpuskel ist ganz außerordentlich klein. Wenn man sie aus dem Thomsonschen Wert für die Ladung und dem Verhältnis von e/m berechnet (e=Ladung, m=Masse), so ergibt sie sich zu nur 1/1700 der Masse des Wasserstoffatoms.

Auf die Existenz der Elektronen gründen sich nun eine ganze Reihe von Theorien physikalischer Erscheinungen. Wir haben eine Elektronentheorie der Elektrizität, eine solche der Materie und schließlich auch eine Elektronentheorie des Lichtes.

Die Elektronentheorie des Lichtes berührt die Vorstellungen, die wir uns über das Wesen der Lichtvorgänge im Äther machten, nicht. Sie beschäftigt sich also nicht mit den Schwingungszuständen im Äther, die in unserm Auge die Lichtvorstellungen hervorrufen, sondern sie beschäftigt sich mit den Vorgängen, die diese Schwingungsbewegungen hervorrufen, also mit den Vorgängen bei der Emission des Lichtes und den Erscheinungen, die auftreten müssen, wenn Ätherschwingungen in ponderable Materie eintreten und mit deren Molekülen und Atomen in Wechselwirkungen treten.

Demgemäß nimmt die Elektronentheorie an, daß die Moleküle und Atome der Körper Elektronen enthalten, die sich auf ihnen bewegen können, soweit nicht die Eigenschaften des Molekularbaus oder die Einwirkungen benachbarter Moleküle sie daran hindern. Wie im einzelnen diese Kräfte beschaffen sind, weshalb die Elektronen nur bestimmte Bewegungen und keine andern ausführen können, wissen wir nicht. Wenn durch irgendeinen Einfluß die Elektronen in regelmäßige Schwingungen geraten, so teilen sich diese dem umgebenden Äther mit, der sie dann als Lichtschwingungen fortpflanzt.

Wenn nun die Emission des Lichtes solchen Korpuskularschwingungen ihre Entstehung verdankt, so ist es klar, daß durch ein Magnetfeld, welches um diese Schwingungen erzeugt wird, eine Beeinflussung der Schwingungen hervorgerufen werden muß.

Die Theorie von Lorentz ist die folgende: Es ist bekannt, daß jede Schwingung zusammengesetzt gedacht werden kann aus einer geradlinigen und zwei kreisförmigen, die in entgegengesetzter Richtung umlaufen, und deren Ebene senkrecht zu der Richtung der geradlinigen Schwingung steht. Lorentz denkt sich die Zerlegung so ausgeführt, daß die geradlinige Schwingung in der Richtung der magnetischen Kraftlinien liegt, die beiden kreisförmigen also dazu senkrecht stehen. Wir sahen schon bei der Besprechung der Kathodenstrahlen, daß die Ablenkung durch einen Magneten senkrecht zu der Richtung der magnetischen Kraftlinien und senkrecht zur Bewegungsrichtung der Teilchen stattfindet. Bei einer kreisförmigen Bewegung, wie wir sie betrachten, liegt aber diese Senkrechte zu der Bewegungsrichtung, d. i. in unserm Falle die Kreisbahn, und zu der Kraftlinienrichtung, d. i. die Senkrechte zu der Kreisebene, in der Richtung des Radius und ist je nach dem Umlaufsinn des Teilchens auf der Kreisbahn zum Mittelpunkt hin oder von diesem weg gerichtet. Das Teilchen kann seine Kreisbahn nicht verlassen, und in diesem Falle zeigt sich, daß eine Kraft nach dem Mittelpunkt hin beschleunigend, eine solche vom Mittelpunkt weg verzögernd auf die Kreisbewegung wirkt. Die geradlinige Schwingung in der Richtung der magnetischen Kraftlinien bleibt unverändert. Wir sehen also, daß in einem Magnetfeld von einer Lichtschwingung ein Teil beschleunigt, ein Teil verzögert und ein dritter unverändert gelassen wird, daß also die Schwingung in drei Teile zerlegt werden muß, die verschiedene Schwingungsdauer haben, und die infolgedessen durch ein Spektroskop getrennt werden müssen. In dem Falle, daß wir parallel zu den magnetischen Kraftlinien beobachten, ist die geradlinige Komponente nicht zu sehen, weshalb, können wir hier nicht erörtern, und daher erscheint in diesem Falle die Lichtschwingung nur in zwei Teile zerlegt. Die Größe der Spaltung der Linien hängt außer von der Stärke des um die Lichtquelle erregten Magnetfeldes auch von der Schnelligkeit der Schwingung, also von der Schwingungsdauer oder Wellenlänge des Lichtes ab. Wenn beide bekannt sind, können wir die Größe der zu erwartenden Trennung im voraus berechnen, wenn wir das aus den andern Erscheinungen bestimmte Verhältnis von Ladung

zu Masse einsetzen. Umgekehrt kann auch die Messung des Zeemaneffektes mit Hilfe der Bestimmung von Magnetfeld und Schwingungsdauer des emittierten Lichtes dazu dienen, das Verhältnis von Ladung zu Masse zu bestimmen. In der Tat hat sich da, wo es sich um den einfachen Zeemaneffekt handelt, ein Wert für dieses Verhältnis ergeben, der mit den auf andere Weise gefundenen Werten übereinstimmt. Indes erwähnten wir schon, daß der Effekt nur in den wenigsten Fällen so einfach ist, daß vielmehr meist die Spaltung eine viel kompliziertere ist, während manche Spektrallinien überhaupt keine Zerlegung zeigen. Die Theorie dieser komplizierten Zeemaneffekte ist ebenfalls von Lorenz, von Voigt, Ritz u. a. gegeben worden, wir können darauf hier nicht eingehen.

24. Die Farben der Körper. Reflexion.

Die Farbe, die ein Körper zeigt, kann unter zwei verschiedenen Bedingungen zustande kommen, nämlich entweder dadurch, daß Licht durch ihn hindurchgeht, oder daß auf ihn auffallendes Licht an seiner Oberfläche reflektiert wird. In beiden Fällen ist die Farbe natürlich abhängig von dem auf den Körper auffallenden Licht; wir wollen, um bestimmte Verhältnisse zu haben, zunächst immer annehmen, daß weißes Licht auf den Körper auffällt, d. h. also solches Licht, das alle Farben enthält, also ein kontinuierliches Spektrum gibt. Beim durchfallenden Licht sind es einfach die Erscheinungen der Absorption, die die Farben bedingen, indem aus dem ursprünglich alle Farben enthaltenden Gemisch verschiedene herausgeschafft werden, für sie also Absorption eintritt. Welche Farbe der Körper für uns hat, hängt von der physiologischen Beschaffenheit des menschlichen Auges ab, das ein solches Farbengemisch, aus dem eine Farbe entfernt ist, in bestimmter Weise gefärbt wahrnimmt. Wenn alle sichtbaren Wellenlängen des Spektrums in den Strahlen, die unser Auge treffen, enthalten sind, so erscheint uns dieses weiß. Fehlt etwa Grün vollständig, so erscheint uns der Rest rot, wenn Rot vollständig fehlt, grün usw. Die Wirkung der Absorption auf den Farbeneindruck des durchfallenden Lichtes ist also äußerst einfach. Welche Mischfarben in jedem Falle entstehen, ist nicht physikalischen, sondern physiologischen Gesetzen unterworfen, gehört also nicht hierher.

Aber nicht nur diese Farben im durchfallenden Licht, sondern auch die Oberflächenfarben der Körper verdanken in den meisten Fällen der Absorption ihre Entstehung. Fällt weißes Licht auf einen

Körper auf, so wird ein Teil sofort an der Oberfläche reflektiert werden, ein anderer Teil wird dagegen etwas in den Körper eindringen und erst in etwas tieferen Schichten reflektiert werden. Wenn nun der Körper eine bestimmte Farbe sehr stark absorbiert, so wird in dem Lichte, welches erst in den Körper eingedrungen war, ehe es wieder nach außen gelangte, diese Farbe fehlen. Der Rest setzt sich zu einer andern Farbe, die man auch als Komplementärfarbe der absorbierten Farbe bezeichnet, zusammen und gibt dem ganzen zurückgeworfenen Licht die Farbe. Weil ein Teil des zurückgeworfenen Lichtes sofort an der Oberfläche reflektiert wird, ist die Farbe des reflektierten Lichtes von der des durch den Körper hindurchgegangenen Lichtes etwas verschieden, da ja erstere durch weißes Licht verunreinigt ist. Durch viele Reflexionen desselben Lichtes an einem Körper kann man indes erreichen, daß das weiße Licht vollkommen verschwindet; denn bei jeder Reflexion wird ein Teil dieses weißen Lichtes absorbiert, bis schließlich nur noch die Strahlen übrigbleiben, die auch beim durchfallenden Licht sichtbar sind.

Aber auch das von einem Körper direkt reflektierte Licht ist nicht immer weiß. Wenn ein Körper an einer Stelle des Spektrums einen besonders starken Absorptionsstreifen hat, so zeigt sich, daß von dieser Wellenlänge überhaupt nichts in den Körper eindringt, sondern daß diese Wellenlängen besonders stark reflektiert werden. Mit dieser Erscheinung hängt es auch zusammen, daß die Metalle einen so hohen Glanz zeigen, weil diese eben fast alle Wellenlängen sehr stark absorbieren. Bei derartig metallisch reflektierenden Körpern ist natürlich die Oberflächenfarbe von der Farbe des durchfallenden Lichtes vollkommen verschieden. Beim Golde etwa, das seine stärkste Absorption im Rot hat und das infolgedessen auch im auffallenden Lichte rot erscheint, fehlen in der Durchsicht die roten Strahlen vollständig, und nach dem früher Gesagten erscheint demnach das Gold in der Durchsicht grün. Geradeso ist es mit den Oberflächenfarben sehr intensiv gefärbter Farbstoffe, die auch häufig die zu der entsprechenden Durchlaßfarbe komplementäre ist. Auch diese Farbstoffe zeigen dann in der Aufsicht metallischen Glanz. Lassen wir nun auf einen solchen Körper, der die Eigenschaften der metallischen Reflexion zeigt, weißes Licht auffallen, so werden die andern Wellenlängen, die nicht metallisch reflektiert werden, zum Teil in den Körper eindringen und dort teilweise absorbiert werden. Bei mehreren Reflexionen an einem solchen Körper werden also nur noch die Wellen-

längen der metallischen Reflexion zurückbleiben. Man nennt die auf diese Weise übrigbleibenden Strahlen Reststrahlen, und man hat gefunden, daß eine Reihe von Körpern im langwelligen Teil des Spektrums solche metallische Reflexion zeigen, für die eine solche im sichtbaren Teil des Spektrums nicht besteht. Mit Gitter und Thermosäule läßt sich die Wellenlänge solcher Reststrahlen im Ultrarot bestimmen, und so ist man auf sehr einfache Weise imstande, langwellige Strahlen bestimmter Wellenlänge zu erzeugen und zu Untersuchungen zu verwenden. Die Wellenlängen solcher Reststrahlen sind z. B. für Quarz, Steinsalz und Sylvin bestimmt worden und betragen für Steinsalz etwa 52,2, für Sylvin 61,4.

25. Fluoreszenz und Phosphoreszenz.

Schon gelegentlich der Besprechung der Methoden zur Untersuchung des ultravioletten und des ultraroten Teils des Spektrums haben wir die Fluoreszenz und Phosphoreszenz erwähnt. Läßt man Sonnenlicht oder das Licht einer elektrischen Bogenlampe, am besten durch eine Linse konzentriert, auf ein Stück Uranglas fallen, so leuchtet dies an der getroffenen Stelle in schön grünem Licht. Man nennt diese Erscheinung Fluoreszenz, und zwar deswegen, weil sie am Fluorkalzium, dem Flußspat, der sie auch häufig zeigt, zuerst wahrgenommen wurde. Es gibt sehr viele Körper, die fluoreszieren. Einer, der die Erscheinung sehr gut zeigt, ist das Baryumplatinzyanür, das besonders hell fluoresziert, und das deshalb auch vielfach benutzt wird, um die Anwesenheit Fluoreszenz erregender Strahlen festzustellen.

Zur Erregung der Fluoreszenz sind vor allem die violetten und ultravioletten Strahlen geeignet, während die langwelligen so gut wie gar nicht dazu imstande sind. Läßt man daher nur ultraviolette Strahlen einwirken, die ja nicht sichtbar sind, so muß die Fluoreszenz besonders gut zur Geltung kommen, weil dann das Fluoreszenzlicht nicht durch andere sichtbare Strahlen überdeckt wird. Man kann, wie Wood gezeigt hat, eine solche Aussonderung ultravioletter Strahlen erreichen, indem man etwa das Licht einer Bogenlampe durch eine Schicht von Dimethylnitrosoanilin hindurchgehen läßt. Dieser Körper absorbiert nämlich die sichtbaren Strahlen und gestattet nur ultraviolettem Licht den Durchgang. Leider ist er für die ganz kurzen Wellen undurchlässig.

Besonders starke Fluoreszenz erregen auch, wie wir schon erwähnten, die Kathodenstrahlen, und in derselben Weise wirken

die Röntgenstrahlen stark Fluoreszenz erregend. Diese Strahlenarten erregen sogar eine Menge von Körpern zur Fluoreszenz, die sonst unter der Einwirkung von Licht nicht fluoreszieren.

Wir sahen, daß das Fluoreszenzlicht hauptsächlich von kurzwelligem Licht erregt wird, während das Fluoreszenzlicht selbst gewöhnlich aus langwelligeren Strahlen besteht. Meist ist es grün und rot, seltener blau, während das erregende Licht dem violetten und ultravioletten Teil des Spektrums angehört. Stokes, der sich zuerst eingehender mit dem Studium der Fluoreszenz beschäftigt hat, glaubte daher den Satz aufstellen zu können, daß das erregte Licht immer eine größere Wellenlänge haben müsse als das erregende. Dies Gesetz ist indes nicht uneingeschränkt richtig. Es kommt auch vor, daß das umgekehrte Phänomen auftritt, daß also das erregte Licht geringere Wellenlänge besitzt als das erregende.

Beobachtet man nun das Fluoreszenzlicht spektroskopisch, so findet man, daß es meist nicht homogen ist, sondern aus Strahlen sehr verschiedener Wellenlänge besteht. Vielfach entsteht ein Bandenspektrum, indes sind die Banden nicht scharf begrenzt, sondern zeigen verwaschene Ränder, wie es ja auch nach den Erfahrungen der Emission und Absorption bei festen und flüssigen Körpern nicht anders zu erwarten ist. Es ist daher interessant zu sehen, ob ein fluoreszierender Dampf nun wirklich einzelne Wellen, also ein Linien- oder Bandenspektrum emittiert. Nach früheren Versuchen von Wiedemann und Schmidt hat in neuerer Zeit besonders Wood sich mit der Fluoreszenz von Dämpfen beschäftigt und hauptsächlich den Natriumdampf untersucht. Tatsächlich findet sich bei der Erregung durch weißes Licht ein Bandenspektrum, in dem übrigens merkwürdigerweise die D-Linien vorkommen. Das Bandenspektrum erstreckt sich durch den ganzen Bereich des sichtbaren Spektrums und besteht zum größten Teil aus aufgelösten Banden. Besonders bedeutungsvoll sind aber die Ergebnisse, die Wood bei der Erregung dieser Fluoreszenz mit einfarbigem Lichte fand. Je nach der Wellenlänge dieses Lichtes tritt nämlich ein immer anderer Teil des erwähnten Bandenspektrums auf, während eine große Anzahl von Wellenlängen überhaupt keine Fluoreszenz zu erregen imstande sind. So wird der Natriumdampf von keiner der im Quecksilberdampf vorkommenden Linien, wenn ihre Intensität auch noch so groß ist, erregt. Das Kadmiumspektrum dagegen bewirkt helle Fluoreszenz des Dampfes.

Die Ergebnisse der Woodschen Arbeit lassen sehr interessante Rückschlüsse auf den Mechanismus der Lichtemission zu. Man erkennt,

daß die Elektronen eines Natriumatoms der verschiedensten Schwingungen fähig sind. Es sieht so aus, als ob es auf jedem Molekül Gruppen von Elektronen gibt, die gleichzeitig schwingen, die also in einem gewissen Zusammenhang miteinander stehen. Bei einer Erregung schwingt eine solche Gruppe immer gleichzeitig. Wood vergleicht ein solches Molekül sehr geistreich mit einem Klavier und sagt: „In den meisten Fällen haben wir nichts weiter vermocht, als die ganze Klaviatur gleichzeitig anzuschlagen. Im Falle des Natriums aber erscheint es möglich, eine einzelne Taste zur Zeit anzuschlagen."

Es herrscht vielfach die Ansicht, daß die bei Dämpfen auftretenden Fluoreszenzerscheinungen möglicherweise von den bei festen und flüssigen Körpern auftretenden prinzipiell verschieden sind. Indes zeigt das Aussehen der Spektren von festen und flüssigen Körpern einerseits und von Dämpfen andererseits bei Emission, Absorption und Fluoreszenz solche Ähnlichkeit, daß eine Identität der Fluoreszenzmechanismen bei festen, flüssigen und gasförmigen Körpern wahrscheinlich erscheinen muß.

Die Phosphoreszenzerscheinungen sind von denen der Fluoreszenz nur dadurch verschieden, daß sie, nachdem die Erregung aufgehört hat, noch fortdauern. Wenn ein solcher Körper, der Phosphoreszenz zeigt, aus dem Lichte ins Dunkle gebracht wird, so leuchtet er hier noch eine Zeitlang fort. Die Erscheinung hat ihren Namen vom Phosphor erhalten, der im Dunklen ja ebenfalls leuchtet. Freilich hat das, was wir jetzt als Phosphoreszenz bezeichnen, mit dem Leuchten des Phosphors, das ja nur eine langsame Verbrennung darstellt, nichts gemeinsam.

Starke Phosphoreszenz weisen vor allem eine Reihe von Schwefelverbindungen, wie Kalium-, Baryum- und Strontiumsulfid auf. Besonders das Kalziumsulfid, die sogenannte Balmainsche Leuchtfarbe zeigt ein sehr lange andauerndes Nachleuchten. Diese Körper sind aber nicht die einzigen, die Phosphoreszenzerscheinungen geben. Es findet sich vielmehr, daß fast alle festen Körper, die fluoreszieren, auch Phosphoreszenz zeigen, wenn auch das Nachleuchten nur von sehr kurzer Dauer ist. Dies läßt sich mit Hilfe des von E. Becquerel hergestellten Phosphoroskops nachweisen. Dieses besteht in der Hauptsache aus zwei Scheiben S und S', die in entgegengesetztem Sinne in Rotation versetzt werden können, und die je vier sektorenförmige Ausschnitte a, b, c, d und a', b', c', d' haben. Die Stellung der beiden Scheiben gegeneinander ist derart (Fig. 47a u. b), daß sich

immer über einer Öffnung der einen ein geschlossener Sektor der andern befindet. Das Ganze ist in einen Kasten eingeschlossen, der im Deckel und Boden je eine Öffnung von der Größe der Sektoren der beweglichen Scheiben hat, von denen die eine gegen das Licht gehalten wird, während die andere zur Beobachtung dient. Bringt man nun zwischen die beiden rotierenden Scheiben an der Stelle, wo sich die Öffnungen im äußeren Kasten befindet, den zu untersuchenden Körper *K* an und setzt das Phosphoroskop dem Licht aus, so wird abwechselnd der Körper belichtet und vom Lichte abgesperrt, während er gleichzeitig dem Auge unsichtbar ist und wieder sichtbar wird. Wir sehen also den Körper immer kurz nach einer Belichtung, es kann aber nie direktes Licht in unser Auge gelangen.

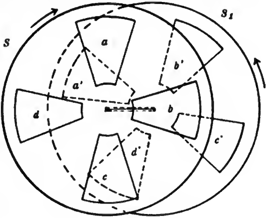


Fig. 47 a.

Mit Hilfe dieses Apparates hat man also gefunden, daß fast alle fluoreszierenden festen Körper auch Phosphoreszenz zeigen, während man bei keiner Flüssigkeit ein Nachleuchten hat feststellen können. Es deutet das darauf hin, daß das Nachleuchten eine Folge des größeren Zwanges, unter dem die Moleküle im festen Körper sich befinden, sein muß.

Merkwürdig ist noch eine Entdeckung, die sich hauptsächlich aus Versuchen von Lenard und Klatt ergibt, daß ganz reine chemische Verbindungen keine Phosphoreszenz aufweisen, daß vielmehr kleine Verunreinigungen durch andere Körper vorhanden sein müssen, damit Phosphoreszenz auftritt. Woher das kommt, ist unbekannt.

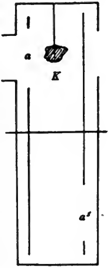


Fig. 47 b.

Die Erregung der Phosphoreszenz erfolgt wie die der Fluoreszenz im wesentlichen durch die kurzwelligen Teile des Spektrums. Interessant

ist die schon gelegentlich der Besprechung der spektroskopischen Untersuchungsmethoden besprochene Eigenschaft der langwelligen Strahlen des Spektrums, die Phosphoreszenz auszulöschen. Ein phosphoreszierender Schirm mit Balmainscher Leuchtfarbe hört auf zu phosphoreszieren, wenn wir ultrarote Strahlen auf ihn auffallen lassen.

Die Erscheinungen der Phosphoreszenz sind noch völlig unaufgeklärt. Es scheint, daß das, was heute als solche bezeichnet wird, nicht immer prinzipiell dieselbe Erscheinung ist, sondern verschiedene Ursachen teils chemischen Ursprungs hat.

Vierter Abschnitt.

Anwendungen der Spektroskopie.

A. Astrophysik.

26. Das Sonnenspektrum im allgemeinen.

Wenn man das Spektroskop nach der Sonne richtet, so zeigt sich, daß das Spektrum dieses Himmelskörpers im wesentlichen ein kontinuierliches ist, daß es jedoch von schwarzen Linien durchzogen ist, die die Kontinuität unterbrechen. Schon Fraunhofer hatte diese Linien gesehen und 1814 eine Zeichnung des Sonnenspektrums gegeben, ohne sich indes über Herkunft und Bedeutung dieser Linien im klaren zu sein. Erst Kirchhoff hat richtig erkannt, daß diese Linien, die ihrem Entdecker zu Ehren Fraunhofersche Linien genannt werden, einer Absorption ihre Entstehung verdanken, daß das Sonnenspektrum also ein Absorptionsspektrum ist, wie wir solche früher besprochen haben. Kirchhoff fand nämlich, daß die Lage der Fraunhoferschen Linien im Spektrum genau mit der Lage von Linien irdischer Lichtquellen zusammenfällt. So entspricht die Lage des Linienpaares, das Fraunhofer in seiner Zeichnung mit *D* bezeichnet hatte, genau der der beiden Natriumlinien, die von *C*, *F* und *H* derjenigen von Wasserstofflinien usf. Nimmt man die Erklärung von Kirchhoff an, so ergibt sich für den Ursprung der Linien folgendes: Die Sonne besteht aus einem glühend festen oder auch flüssigen Kern, der sich auf sehr hoher Temperatur befindet und deshalb weißes Licht aussendet, also ein kontinuierliches Spektrum hat. Um diesen Kern herum liegt eine Atmosphäre kühlerer Dämpfe, die von dem vom Kern ausgehenden Licht diejenigen Wellenlängen, die sie selbst emittieren würde, absorbiert. Im Spekturm des vom Kern ausgehenden weißen Lichtes

fehlen daher diese Wellenlängen, es entsteht das Sonnenspektrum mit den Fraunhoferschen Linien (Fig. 48).

Man erkennt nun leicht, daß die Lage dieser Linien einen Rückschluß auf die Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre zuläßt, wenn man die Spektren der irdischen Körper kennt. Durch Vergleich mit den Emissionsspektren irdischer Lichtquellen hat man dann eine ganze Reihe von auf der Erde vorkommenden Elementen auch auf der Sonne feststellen können. Vor allem treten die Linien des Wasserstoffs sehr stark auf, ferner aber finden sich auf der Sonne die Linien fast aller Metalle, während die Metalloide meist nicht aus den Fraunhoferschen Linien nachzuweisen sind. Besonders Rowland hat sich eingehend mit dem Studium des Sonnenspektrums beschäftigt und dasselbe mittels eines großen Konkavgitters photographiert. Nach ihm sind in der Sonnenatmosphäre vorhanden die Elemente:

Kalzium, Eisen, Wasserstoff, Natrium, Nickel, Magnesium, Kobalt, Silizium, Aluminium, Titan, Chrom, Mangan, Strontium, Vanadium, Baryum, Kohlenstoff, Scandium, Yttrium, Zirkon, Molybdän, Lanthan, Niob, Palladium, Neodym, Kupfer, Zink, Kadmium, Cer, Beryllium, Germanium, Ruthenium, Silber, Zinn, Blei, Erbium, Kalium. Dabei ist die Reihenfolge der Elemente nach der Intensität der Fraunhoferschen Linien in der Sonne aufgestellt.


Fig. 48.

Zweifelhaft ist das Vorkommen der Elemente:

Iridium, Osmium, Platin, Rubidium, Tantal, Thorium, Wolfram, Uran.

Nach Rowland kommen im Sonnenspektrum nicht vor die Elemente:

Antimon, Arsen, Wismut, Bor, Stickstoff, Cäsium, Gold, Indium, Quecksilber, Phosphor, Rubidium, Selen, Schwefel, Thallium und Praseodym.

Nicht untersucht ist von Rowland das Vorkommen der Elemente:

Brom, Chlor, Jod, Fluor, Tellur, Gallium, Holmium, Thulium, Terbium und Sauerstoff.

Das Vorkommen von Sauerstoff im Sonnenspektrum ist indessen von Runge und Paschen nachgewiesen worden. Es schien allerdings

nach Untersuchungen von Jewell möglich, daß diese Linien zu den gleich zu besprechenden tellurischen gehören, wie auch Runge und Paschen zuerst meinten. Jewell jedoch hat sich von der Unrichtigkeit seiner ersten Beobachtung später überzeugt, so daß der Sauerstoff jetzt als auf der Sonne vorhanden gelten kann. Nach Kayser und Runge kommt der Stickstoff, dessen Vorhandensein auf der Sonne Rowland bestreitet, doch vor, wie sich aus dem Vorhandensein der Zyanbanden schließen läßt, da ja das Zyan eine Verbindung von Stickstoff und Kohlenstoff ist.

Wie wir sehen, fehlen im Sonnenspektrum die meisten Metalloide. Das hat möglicherweise seinen Grund darin, daß wir die höchst mannigfaltigen Spektra dieser Körper noch nicht genügend kennen, zumal wir die Bedingungen, unter denen die Spektren auf der Sonne erzeugt werden, in unsern Laboratorien nicht herstellen können. Die Fraunhoferschen Linien, die zu den als auf der Sonne vorkommend bezeichneten Elementen gehören, erschöpfen nicht die Menge aller dieser Linien. Es bleibt eine große Anzahl, deren Ursprung wir nicht kennen, und diese können sowohl von uns noch unbekannten Körpern als auch von uns noch unbekannten Spektren bekannter Körper herrühren.

Eine Reihe von Linien des Sonnenspektrums gibt es auch, die ihren Ursprung nicht auf der Sonne selbst haben. Ein Teil der Linien nimmt nämlich an Intensität stark zu, wenn die Sonne tief am Horizont steht und verliert stark an Deutlichkeit, wenn die Sonne sich in ihrer höchsten Stellung am Himmel befindet. Diese Linien müssen also mit der Länge des Weges zusammenhängen, den die Sonnenstrahlen in der Erdatmosphäre zurücklegen. Brewster hat hieraus den Schluß gezogen, daß es die Absorption in der Erdatmosphäre ist, die diese Linien erzeugt. Man nennt sie daher terrestrische oder tellurische Linien. Sie werden hauptsächlich durch Wasserdampf und Sauerstoff hervorgerufen. Die starken Liniengruppen *A* und *B* des Fraunhoferschen Spektrums sind solche terrestrischen Linien. Daß der Wasserdampf derartige Absorptionsbanden hervorbringt, hat, nachdem es zuerst von Secchi behauptet worden war, Janssen dadurch bewiesen, daß er am einen Ufer des Genfer Sees ein Feuer anzündete, welches er dann vom andern Ufer aus in 21 km Entfernung spektroskopisch beobachtete. Dann konnte er im Spektrum des weißen Lichtes die meisten tellurischen Linien deutlich sehen. Ebenso zeigt Licht, das durch eine 37 m lange Röhre, die mit Wasserdampf von 7 Atmosphären Druck gefüllt ist, beobachtet

wird, die Wasserdampfbanden. Auch Cornu hat durch Beobachtung eines elektrischen Lichtes auf dem Eiffelturm gezeigt, daß die terrestrischen Linien in der Tat in der Absorption der Erdatmosphäre ihren Ursprung haben. Eine tellurische Bande in der Nähe der *D*-Linien ist noch erwähnenswert, die vom Wasserdampf herrührt. Sie ist von Piazzi Smith als Regenbande bezeichnet worden, und zwar deshalb, weil sie bei Regen, d. h. bei größerem Wasserdampfgehalte der Luft stärker auftritt, als bei trockenem Wetter. Piazzi Smith glaubte daher das Auftreten dieser Bande zur Voraussage von Regen benutzen zu können, indessen hat sich gezeigt, daß diese Methode praktisch wertlos ist, wie man sich auch leicht aus der bekannten Tatsache klar macht, daß große Luftfeuchtigkeit nicht immer Regen bedingt, während das Umgekehrte natürlich richtig ist.

Der ultrarote Teil des Sonnenspektrums ist hauptsächlich von Langley mit Hilfe des Bolometers untersucht worden. Auch hier wurde eine große Anzahl Fraunhoferscher Linien entdeckt. Seine Messungen erstrecken sich bis 53 000 AE. Bei den tellurischen Linien dieses Teils des Sonnenspektrums spielt die Absorption der Kohlensäure eine große Rolle.

Im Ultraviolett bricht das Sonnenspektrum ungefähr bei der Wellenlänge 3000 AE plötzlich ab, was nach Hartley hauptsächlich der Absorption des in der atmosphärischen Luft vorhandenen Ozons zuzuschreiben ist. Während also die Luft in dünneren Schichten bis ungefähr zur Wellenlänge 2000 AE durchlässig ist, werden in dicken Schichten Strahlen bis 3000 AE absorbiert.

27. Die Spektren einzelner Teile der Sonne: Chromosphäre, Protuberanzen, Sonnenflecken, Korona.

Auch die Schichten, in denen die Fraunhoferschen Linien erzeugt werden, die Schichten der Photosphäre, befinden sich auf so hoher Temperatur, daß sie selbst leuchten. Die Fraunhoferschen Linien kommen, wie bei dem von uns beschriebenen Versuch über die Absorption einer Natriumflamme nur durch eine Kontrastwirkung zwischen dem helleren Licht des Kernes der Sonne, der Photosphäre und dem weniger hellen der Chromosphäre zustande. Das zeigt sich bei totalen Sonnenfinsternissen in dem Moment vor dem Eintritt der Totalität und beim Aufhören derselben. In diesen Augenblicken bedeckt der Mond zwar den weißes Licht emittierenden Kern, nicht aber die ihn umgebenden Dampfschichten. Die Kontrastwirkung gegen weißes Sonnenlicht kann dann nicht auftreten, und in der

Tat sehen wir, wenn wir in diesem Augenblick das Spektroskop auf den Sonnenrand richten, die Fraunhoferschen Linien für kurze Zeit hell auf dunklem Grunde. Es gelangt in diesem Falle also nur Licht der Chromosphäre, nicht aber solches des Kerns in das Spektroskop. Die weiter außen liegenden Teile der Chromosphäre, die häufig auch allein als solche bezeichnet werden, und die bedeutend größere Ausdehnung haben als die erste verhältnismäßig dünne Schicht, bestehen hauptsächlich aus Wasserstoff und einem Körper, der eine helle gelbe Linie emittiert, die bis zu ihrer Beobachtung auf der Sonne auf der Erde noch unbekannt war, und die deshalb nach dem griechischen Wort für Sonne, Helios, als vom Element Helium stammend angenommen wurde. Man weiß jetzt, daß dieses Element Helium ein leichtes Gas ist, das auch auf der Erde vorkommt und sogar in unserer Atmosphäre, allerdings hauptsächlich in den höheren Schichten vorhanden ist. Daß diese leichtesten Gase Wasserstoff und Helium in den oberen Teilen, die schweren Dämpfe dagegen in den unteren der Sonnenatmosphäre vorkommen müssen, ist einleuchtend.

Die oberen Teile der Chromosphäre sind nun der Sitz höchst eigentümlicher Erscheinungen, die man als Protuberanzen bezeichnet. Sie sind für das bloße Auge bei totalen Sonnenfinsternissen sichtbar. Dann scheinen aus dem Sonnenrande plötzlich leuchtende Fackeln herauszubrechen, die bedeutende Höhe erreichen und wieder umkehren, die also gewaltigen Eruptionen gleichen, welche aus dem Sonnenrande hervorschießen. Untersucht man sie mit dem Spektroskop, indem man den Spektralapparat statt des Okulars in einem Fernrohr anbringt, wobei der Spalt so gestellt ist, daß er aus dem runden Sonnenbild gerade die Protuberanz herausschneidet, so ergibt sich folgendes: Das Spektrum zeigt hauptsächlich die Wasserstoff- und Heliumlinien, aber diese Linien sind nicht einfach und glatt, sondern weisen eine Menge von Verzweigungen und Verästelungen auf. Über die Entstehung dieser sonderbaren Formen stehen sich zwei Theorien gegenüber. Die erste erklärt die Verästelungen nach dem Dopplerschen Prinzip. Nehmen wir nämlich an, die Protuberanzen seien gewaltige Massen von Wasserstoff und Helium, die sich mit ungeheurer Geschwindigkeit auf uns zu bewegen, so muß im Spektrum nach dem Dopplerschen Prinzip eine Verschiebung der Linien eintreten. Dabei ist es möglich, daß die verschiedenen Teile der Protuberanz verschiedene Geschwindigkeiten haben und da, wenn man mit Hilfe eines Fernrohrs ein Bild der Protuberanz

auf dem Spalt entwirft, die verschiedenen Teile des Spaltes Licht von verschiedenen Teilen der Protuberanz erhalten, so ist es wohl möglich, daß im Spektroskop verästelte Linien entstehen, wie etwa Fig. 49 sie zeigt. Denn es kann vorkommen, daß der obere Teil der Linie mehr verschoben ist wie der mittlere und untere und in der Mitte Licht von Stellen verschiedener Geschwindigkeit zusammentrifft. Mißt man aber die Größe der Verschiebung an den einzelnen Stellen, so läßt sich auch die Geschwindigkeit der Gasmassen an den einzelnen Stellen der Protuberanz bestimmen, und solche Bestimmungen sind der Gegenstand vieler astronomischen Messungen gewesen.

Hier ist zu erwähnen, daß zur Beobachtung dieser Protuberanzen keineswegs immer eine Sonnenfinsternis abzuwarten ist, sondern daß es eine von Lockyer und Janssen herrührende Methode gibt, sie jederzeit zu beobachten. Die Protuberanzen senden Licht von verhältnismäßig weniger Wellenlängen aus, und die Intensität dieser Emission ist ziemlich bedeutend. Infolge des hellen Lichtes der Sonne aber, das das Protuberanzlicht überdeckt, wird dieses jedoch unsichtbar. Sorgt man dafür, daß dieses helle Sonnenlicht fortgeschafft oder stark geschwächt wird, so muß die Protuberanz sichtbar werden. Eine Schwächung des Sonnenlichtes läßt sich aber durch eine Zerlegung desselben in ein kontinuierliches Spektrum erreichen. Schaltet man also in das Fernrohr einen Satz Prismen ein, die das weiße Sonnenlicht in ein kontinuierliches Spektrum zerlegen, so wird durch diese Verteilung die Intensität des Sonnenlichtes um so mehr geschwächt, je größer die Dispersion des eingeschalteten Prismensatzes ist. Denn je größer diese ist, um so mehr wird eine Überdeckung benachbarter Wellenlängen, die ja in einem kontinuierlichen Spektrum immer stattfindet, vermieden werden. Anders ist es dagegen mit dem nur wenige Wellenlängen enthaltenden Protuberanzlicht. Dieses wird schon durch einen Spektralapparat von verhältnismäßig geringer Dispersion in seine Bestandteile zerlegt und die Intensität jedes dieser Teile ändert sich nun nicht mehr, wenn die Dispersion weiter getrieben wird. Während wir also den kontinuierlichen Grund durch einen stark dispergierenden Spektralapparat im Fernrohr sehr stark schwächen, ändern wir die Intensität des Protuberanzlichtes nur wenig, und bei genügend starkem in das Fernrohr eingeschaltetem Prismensatz werden wir, wenn wir z. B. das Okular des Fernrohrs



Fig. 49.

auf die Stelle des Spektrums einstellen, an der sich die rote Wasserstofflinie befindet, die Protuberanz auf schwachem kontinuierlichen Grunde sehen. Einen Apparat, mit dem man derartige Beobachtungen machen kann, erhält man z. B., wenn man bei einem Prismenspektrographen großer Dispersion den Spalt wegnimmt und mit Hilfe einer Linse ein Bild der Sonnenscheibe in die Ebene desselben entwirft. Dann wird das Sonnenlicht in ein langes kontinuierliches Spektrum zerlegt, auf dem die Protuberanzen in den Spektralfarben, deren Licht sie emittieren, sichtbar sind. Denn die Protuberanzen werden durch die Linse in der Ebene des sonst am Apparat vorhandenen Spaltes abgebildet und vertreten diesen daher. Während also sonst die durch den Apparat erzeugten Bilder des linienförmigen Spaltes Linien sind, sind in diesem Falle die „Spektrallinien" Figuren, die die Gestalt der Protuberanz haben. Auf diese Weise lassen sich Protuberanzen auch ihrer Gestalt nach jederzeit sichtbar machen.

Außer der besprochenen Theorie der Entstehung von Protuberanzen, welche sie als Eruptionen von glühenden Gasmassen erklärt, existiert nun noch eine zweite, die von der ersteren wesentlich abweicht.

Wenn man nämlich nach dem Dopplerschen Prinzip die auftretenden Geschwindigkeiten wirklich ausrechnet, so kommt man zu ganz ungeheuren Werten, die man nur durch die Annahme ganz gewaltiger Kräfte bei der Eruption der Protuberanzen erklären kann. Trotzdem ist gegen diese Theorie lange Zeit nie etwas eingewendet worden, und auch heute noch nimmt ein großer Teil der Astrophysiker sie als gültig an. Erst in neuerer Zeit hat Julius eine andere Theorie über die Entstehung der Protuberanzen gegeben, welche die eben erwähnte Schwierigkeit der Annahme großer Kräfte vermeidet.

Julius macht für die besprochenen Phänomene die anomale Dispersion verantwortlich. Wir haben gelegentlich der Besprechung dieser Erscheinung erwähnt, daß sie immer in Verbindung mit starker Absorption auftritt, bei leuchtenden Dämpfen also in der Nähe der absorbierten, d. h. nach dem Kirchhoffschen Gesetz auch der emittierten Linien. Für Natriumdampf ist z. B. in der Nähe der D-Linien starke anomale Dispersion vorhanden, d. h. der Brechungsexponent steigt für Strahlen, deren Wellenlänge nahe gleich der der Natriumlinien ist, sehr stark an. Für die Strahlen anderer Wellenlänge ist wie bei den meisten Gasen und Dämpfen der Brechungsexponent des

Natriumdampfes nur wenig von 1 verschieden. Nehmen wir also an, auf eine Masse von Natriumdampf fällt weißes Licht auf, so wird der größte Teil desselben nur eine verschwindend kleine Brechung in dem Dampfe erfahren. Für diejenigen Strahlen aber, deren Wellenlänge der der Natriumlinien sehr benachbart ist, wird die Brechung unter Umständen so groß werden, daß sie gar nicht mehr gleichzeitig mit den andern Strahlen in unser Auge gelangen. Der Effekt wird dann der sein, daß diese Wellenlängen neben den *D*-Linien im Spektrum des weißen Lichtes fehlen, und die Folge wird sein, daß diese Natriumlinien verbreitert erscheinen. Dabei ist aber diese Verbreiterung nicht auf Rechnung der Absorption, sondern der anomalen Dispersion zu setzen. Anderseits kann diese Erscheinung der anomalen Dispersion auch Strahlen, die ohne diese Erscheinung nicht in unser Auge gelangen würden, dorthin gelangen lassen. Haben wir (Fig. 50) eine prismatische Menge von Natriumdampf, auf die in der Richtung *AB* weißes Licht auffällt, so wird der größte Teil dieses Lichtes mit nur geringer Ablenkung von seinem Wege in der Richtung *BCD* weiter fortgehen. Der Teil dagegen, dessen Wellenlänge der der *D*-Linien benachbart ist, wird sehr stark gebrochen und kann so unser Auge, das sich in *F* befinden möge, erreichen.

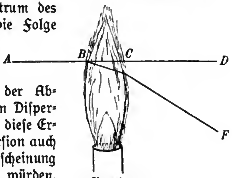


Fig. 50.

Wenden wir diese Überlegungen auf die Protuberanzen an, so ist ihre Entstehung auf die Bildung von Dichteunterschieden in der aus Wasserstoff und Helium bestehenden Chromosphäre zurückzuführen. Durch ähnliche Brechungserscheinungen, wie wir sie bei dem Natriumprisma sahen, gelangt außer dem eigenen Licht dieser Chromosphäre noch Sonnenlicht in unser Auge, dessen Wellenlänge dem Eigenlicht der Gasmassen benachbart ist. Wieweit nach beiden Seiten des Spektrums von der Emissionslinie sich dieses Licht erstreckt, bzw. welche Wellenlängen von diesen benachbarten Strahlen in unser Auge gelangen, hängt von der Dichte der anomal dispergierenden Schichten ab. Die Protuberanzformen der Fig. 49 ergeben sich nun wieder leicht. Gelangen nämlich auf die verschiedenen Teile unseres Spaltes Wellenlängen, die von verschieden dichten Teilen solcher „Schlieren", wie man Stellen anderer Dichte in einer

sonst homogenen Masse nennt, so ergeben sich leicht scheinbare Linienverschiebungen, Verbreiterungen und Verästelungen, wie sie im Spektrum der Protuberanzen auftreten. Es ist Julius auch gelungen, im Laboratorium künstliche Protuberanzen zu erzeugen, deren Form ganz ähnlich der der wirklich vorkommenden ist.

Die Theorie von Julius ist sehr einleuchtend, besonders deswegen, weil sie die ungeheuern Geschwindigkeiten der auf das Dopplersche Prinzip gegründeten Theorie vermeidet und auf Dichteänderungen zurückführt, deren Vorkommen bei einem Körper von so hoher Temperatur wie die Sonne eigentlich selbstverständlich erscheint. Das Dopplersche Prinzip wird natürlich zum kleinen Teil auch zur Erklärung neben der Juliusschen Theorie herangezogen werden können.

Sehr interessante Resultate hat auch die spektroskopische Untersuchung der Sonnenflecke gegeben. Auf der Sonne sieht man bei Betrachtung ihrer Oberfläche durch ein dunkles Glas Stellen, die dunkler sind als ihre Umgebung, sogenannte Sonnenflecke. Betrachtet man diese Sonnenflecke, die keineswegs vollkommen dunkel sind, sondern nur infolge des Kontrastes gegen die helleren Partien ringsum dunkel erscheinen, durch das Spektroskop, so findet man, daß ihr Spektrum im wesentlichen dasselbe ist wie das der übrigen Sonnenscheibe, daß aber die Fraunhoferschen Linien darin erheblich breiter sind als in der umgebenden Sonnenregion, ja unter Umständen sogar umgekehrt erscheinen, d. h. in der Mitte einen hellen Streifen haben. Man hat diese Verbreiterungen bisher als eine Folge größerer Dampfdichte in den Sonnenflecken angesehen und dementsprechend die Sonnenflecken als Stellen tieferer Temperatur der Sonnenoberfläche gedeutet, zumal auch Banden im Spektrum der Sonnenflecken auftreten und solche Banden sind ja immer ein Zeichen niederer Temperatur. In der Tat haben neuere Untersuchungen, die besonders von Hale auf dem Mount Wilson Sonnenlaboratorium gemacht worden sind, diese Erklärung über die Entstehung der Sonnenflecke wahrscheinlich gemacht, haben aber für die Verbreiterung und Umkehrung der Fleckenlinien eine ganz andere Entstehungsursache ergeben. Die Annahme, daß es sich bei den Sonnenflecken um kältere Teile der Sonnenoberfläche handelt, ist dadurch wahrscheinlich gemacht, daß in der die Flecken umgebenden Schicht der Sonnenatmosphäre Wirbel auftreten, die durch ein Einsaugen von Gasmassen in die Flecke bewirkt werden. Es tritt also hier an der Sonnenoberfläche dieselbe Erscheinung auf, wie sie sich etwa bei einem Wasserbassin zeigt, in dessen Boden sich ein Abfluß befindet. Öffnet man

den Abfluß, so fließt das Wasser nicht einfach auf geradem Wege in diesen hinein, sondern bildet um ihn herum einen Wirbel, in den es von allen Seiten strudelförmig hineingesaugt wird. Das gleiche tritt bei einem Sonnenfleck auf, und die Erscheinung läßt sich durch eine niedrigere Temperatur der Sonnenoberfläche am Fleck sehr leicht so erklären, daß dieser kältere Teil der Oberfläche die ihm zunächstliegenden Dampfmassen abkühlt. Dadurch werden sie verdichtet, nehmen einen geringeren Raum ein und bewirken die Entstehung einer Stelle geringeren Druckes, in den von allen Seiten die Dampfmassen der Umgebung hineinströmen, was, wie wir gesehen haben, eben unter Bildung eines Wirbels geschehen muß.

Um diese Wirbelbewegungen nachzuweisen, benutzt Hale ein Instrument, das als Spektroheliograph bezeichnet wird. Die Hauptbestandteile des Instrumentes sind ein großes Fernrohr und ein Gitterspektrograph, dessen Spalt sich in der Ebene befindet, in der das Fernrohr ein Sonnenbild entwirft, und das so eingerichtet ist, daß dieser Spalt sich mechanisch über das ganze vom Fernrohr erzeugte Sonnenbild verschieben läßt. In der Ebene, in der der Spektralapparat sein Spektrum entwirft, ist ein zweiter Spalt angebracht, der gestattet, aus dem entworfenen Spektrum eine beliebige Linie herauszublenden. Direkt hinter diesem Spalte wird fest eine photographische Platte aufgestellt, die also die Bewegung des Spektroskops durch das Gesichtsfeld des Fernrohrs nicht mitmacht.

Richtet man nun das Teleskop auf die Sonne und blendet aus dem im Spektroskop erzeugten Spektrum eine Linie, etwa die rote Wasserstofflinie heraus, so erhält man bei der Bewegung des Spektroskops durch das Gesichtsfeld des Fernrohrs alle die Veränderungen, die die Wasserstofflinie an den verschiedenen Stellen der Sonnenoberfläche erfährt. Da, wo eine große Menge dichten Wasserstoffs, ein großer „Wasserstoffflocculus" sich befindet, werden die Fraunhoferschen Linien, die der Absorption durch Wasserstoff ihre Entstehung verdanken, besonders dunkel sein, während sie an andern Stellen der Sonnenoberfläche, wo sich nur wenig Wasserstoff befindet, weniger schwarz sein werden. Auf der photographischen Platte werden in dem aus lauter Spaltbildern zusammengesetzten Sonnenbild an den Stellen, an denen sich große Flocculi befinden, dunkle Flecken zu sehen sein. Betrachtet man solche Flocculi in der Nähe eines Sonnenfleckes, so sieht man an ihrer Gestalt, daß sie in einer Bewegung in den Sonnenfleck hinein begriffen sind. Die

Aufnahme der Figur 51 zeigt sehr deutlich diese Wirbelbewegung an zwei Sonnenflecken.

Interessant ist es, die Bewegung eines Flocculus zeitlich zu verfolgen. Hale hat das gemacht, indem er mehrere Male kurz hintereinander das Sonnenbild im Lichte der roten Wasserstofflinie aufnahm. Die Bewegung eines solchen ungeheuer großen Wasserstoffflocculus auf einen Wirbel zu ist in den Figuren 52, a, b, c sehr deutlich zu verfolgen. Auf der ersten Photographie sehen wir den großen Flocculus unterhalb des Fleckens auftreten, auf der zweiten wird er schon in den Bereich des Wirbels, der durch den Flecken gebildet wird, hineingezogen, wie aus der Umbiegung an der einen Seite zu erkennen ist, und in der dritten sehen wir, wie er von dem Fleck gleichsam eingeschlürft wird.

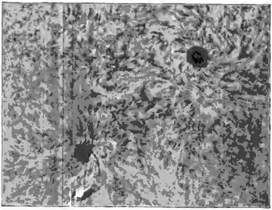


Fig. 51.

Das größte Interesse bieten aber die Versuche, die Hale zur Erklärung der Linienverbreiterung in den Sonnenflecken anstellt. Er zeigt nämlich, daß diese Verbreiterung nichts anderes ist als eine Spaltung der Linien nach dem Zeemanphänomen. Nimmt man an, daß die leuchtenden Dämpfe auf der Sonne elektrisch geladen sind, eine Annahme, zu der wir durchaus berechtigt sind, so müssen durch die Wirbelbewegungen, die die Flecken hervorrufen, starke magnetische Felder in ihnen erzeugt werden. Denn ebenso wie elektrische Ströme, die durch eine Drahtspule fließen, in deren Innerem ein magnetisches Feld erzeugen, so wirken auch kreisende elektrische Ladungen. Die magnetischen Kraftlinien verlaufen dabei in der Richtung der Wirbelachse, und wenn wir von der Erde aus in die Sonnenflecke hineinsehen, beobachten wir in der Richtung der magnetischen Kraftlinien. Ein solches Magnetfeld muß aber eine Zerlegung der Linien zur Folge haben, und zwar muß diese Zerlegung im einfachsten Falle eine Spaltung in zwei Komponenten

sein, weil wir in der Richtung der magnetischen Kraftlinien beobachten, also den sogenannten Longitudinaleffekt erhalten müssen, während, wie wir uns erinnern, der Effekt bei der Beobachtung senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien, der sogenannte Transversaleffekt, eine Zerlegung in drei Komponenten zeigt. Jetzt erklärt sich auch sehr leicht das Auftreten einer hellen Linie zwischen

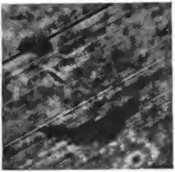


Fig. 52a.

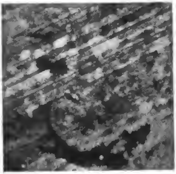


Fig. 52b.

den verbreiterten Fraunhoferschen Linien. Während nämlich im allgemeinen die Spaltung nicht genügend groß ist, um die Komponenten vollständig zu trennen, ist eben in diesem Falle die Linie vollständig in zwei Teile zerspalten. Daß es sich wirklich um einen Zeemaneffekt handelt, hat Hale durch eine Untersuchung der Komponenten der gespaltenen Linien gezeigt, die nach der von uns besprochenen Lorenzschen Theorie entgegengesetzt kreisförmig schwingen, oder wie man sagt, entgegengesetzt zirkular polarisiert sein müssen, was sich auch wirklich ergab.



Fig. 52c.

Diese Entdeckung der Sonnenwirbel durch Hale und ihre spektroskopische Untersuchung ist eines der schönsten Ergebnisse der modernen Spektroskopie; denn erstens ist hierdurch zum erstenmal ein magnetisches Feld außerhalb der Erde festgestellt worden, und zweitens sind auf einmal die störenden Einflüsse der Sonnenflecken auf den Erdmagnetismus, die schon lange beobachtet waren, aufgeklärt worden.

Um die Chromosphäre der Sonne herum ist noch eine bei totalen Sonnenfinsternissen sichtbare, schwach leuchtende Hülle, die sogenannte Korona, vorhanden; ihr Spektrum hat jedoch noch keinen Aufschluß über ihr Wesen bringen können. Das Spektrum ist schwach kontinuierlich und enthält neben schwächeren eine helle grüne Linie, für die wir kein irdisches Analogon kennen, die aber wohl von einem Gase herrühren wird, das noch leichter ist als Wasserstoff und Helium, weil es in diesen hohen Sonnenschichten vorkommt. Man hat dieses Element seines Vorkommens in der Korona wegen als Koronium bezeichnet. Das kontinuierliche Spektrum der Korona zeigt schwach die stärksten der Fraunhoferschen Linien, so daß es einer Reflexion von Sonnenstrahlen in der Korona seine Entstehung verdanken wird. Dazu müßten in der Korona feste Teilchen vorhanden sein, deren Ursprung man nicht kennt, und die man wohl gelegentlich auf in die Sonne gefallene Meteorschwärme zurückgeführt hat.

28. Die Spektren der Sterne.

Ehe wir zu einer Besprechung der Sternspektra selbst übergehen, müssen wir einige Apparate kennen lernen, die für die speziellen Zwecke der Sternspektroskopie benutzt werden. Dabei werden zwei wesentlich verschiedene Methoden zur Anwendung gebracht. Entweder die schon bei der Betrachtung der Sonne angeführte, bei der in die Brennebene der Objektivlinse der Spalt eines Spektralapparates gestellt wird, oder eine andere, die Methode des sogenannten Objektivprismas. Bei letzterer Methode wird der zu der Beobachtung dienende Refraktor als Beobachtungsfernrohr eines vereinfachten Spektrographen benutzt. Zu dem Zwecke wird einfach auf das Fernrohrobjektiv ein Prisma von der Größe der Fernrohröffnung aufgesetzt, das folgendermaßen wirkt: Die von dem zu beobachtenden Stern ausgehenden Strahlen sind so gut wie parallel, da ein solcher Himmelskörper praktisch als unendlich weit entfernt anzusehen ist. Die Verwendung eines Kollimatorrohrs ist also überflüssig und auch ein Spalt braucht nicht zur Anwendung zu kommen, da die Breitenausdehnung des Objektes so klein ist, daß ein Unreinwerden des Spektrums infolge Übereinanderfallens einzelner Spektralbezirke nicht zu befürchten ist. Im Fernrohr wird also ein Spektrum erscheinen, das selbst linienförmig ist und in dem die einzelnen „Spektrallinien" punktförmig erscheinen. Solche Punkte sind aber für eine Messung sehr schlecht zu verwenden, da sie sich nur sehr schwer erkennen lassen. Man muß daher suchen, wirkliche Spektral-

linien zu bekommen und dazu benutzt man hauptsächlich die auseinanderziehende Wirkung einer Zylinderlinse, die vor dem Okular eingeschaltet wird, und deren Achse parallel zur brechenden Kante des Prismas steht. Auf diese Weise erhält man ein wirklich aus Linien bestehendes Spektrum. Selbstverständlich ist es, daß die zu solchen Beobachtungen, besonders zu photographischen Zwecken dienenden Fernrohre durch ein Uhrwerk entsprechend der scheinbaren Bewegung des Himmelsgewölbes bewegt werden müssen. Außerdem muß bei jedem derartigen Apparat zu sternspektroskopischen Beobachtungen die Möglichkeit gegeben sein, ein Vergleichsspektrum mit auf die Platte zu bringen.

Wir wollen zunächst die Spektren der Planeten betrachten. Da diese Himmelskörper nur von der Sonne ausgesendetes Licht reflektieren, so ist ihr Spektrum im wesentlichen das Sonnenspektrum mit den Fraunhoferschen Linien. In einigen treten die tellurischen Linien verstärkt auf, oder auch zu den im Sonnenspektrum bekannten noch andere hinzu. Solche neuen Banden finden sich besonders in den äußersten Planeten. Jupiter und Saturn zeigen besonders eine neue Bande bei 6180 AE, während im Spektrum von Uranus und Neptun die Zahl dieser Banden noch größer ist. Es ist wohl klar, daß diese Banden einer Absorption des Lichtes in der Atmosphäre dieser Himmelskörper ihre Entstehung verdanken. Das Spektrum des Mondes ist mit dem der Sonne vollkommen identisch, so daß hier auch die spektroskopische Untersuchung die bekannte Tatsache bestätigt, daß der Mond keine Atmosphäre hat.

Interessante Resultate hat wieder die spektroskopische Untersuchung der Fixsterne ergeben. Richtet man der Reihe nach das Spektroskop auf verschiedene Fixsterne, so zeigt sich, daß ihre Spektra im allgemeinen ein wesentlich verschiedenes Aussehen zeigen. Indes lassen sich doch diese verschiedenen Sternspektra in Typen unterbringen, von denen Vogel drei hauptsächliche unterscheidet. Als leitende Idee bei dieser Klassifikation dient bei Vogel der Entwicklungszustand, in dem die einzelnen Sterne sich befinden, und dieser Gesichtspunkt führt zu folgender Einteilung:

1. Sterne, deren Glühzustand ein so beträchtlicher ist, daß die in ihren Atmosphären enthaltenen Metalldämpfe (ihrer geringen Dichte wegen) nur eine überaus geringe Absorption ausüben können, so daß entweder keine oder nur überaus zarte Linien im Spektrum zu erkennen sind. Hierher gehören die weißen Sterne.



Fig. 53.

2. Sterne, bei denen ähnlich wie bei unserer Sonne, die in den sie umgebenden Atmosphären enthaltenen Metalle sich durch kräftige Absorptionslinien im Spektrum kundgeben (gelbe Sterne) und endlich

3. Sterne, deren Glühhitze so weit erniedrigt ist, daß Assoziationen der Stoffe, welche ihre Atmosphären bilden, eintreten können. Solche Verbindungen ergeben ja, wie wir wissen, Bandenspektra, die auch im Spektrum dieser Sterne vorhanden sind (rote Sterne).

Vogel teilt dann diese einzelnen Klassen noch in Unterabteilungen, deren Aufzählung hier jedoch zu weit führen würde.

Zur ersten Klasse Vogels gehört der größte Teil der Sterne, insbesondere auch die meisten der helleren Sterne. Vertreter dieser Klasse sind z. B. Sirius nnd Vega. Das Spektrum von Sirius ist nach Huggins in Fig. 53 gegeben. Zum Vergleich ist das Sonnenspektrum darüber reproduziert. Die dunklen Linien im Spektrum des Sirius sind die Serienlinien des Wasserstoffs, deren gesetzmäßige Anordnung sich in diesem Spektrum wunderschön zeigt.

Zur zweiten Klasse der gelben Sterne gehört unsere Sonne. Von demselben Typ ist Kapella im Sternbild des Fuhrmanns, dessen Spektrum direkt mit dem Sonnenspektrum zu verwechseln ist. Fig. 54 zeigt dieses Spektrum wieder im Vergleich mit dem darüber befindlichen Sonnenspektrum.

Die roten Sterne zeigen außer den Absorptionslinien noch Banden, die, wie schon erwähnt, auf die Existenz von Verbindungen in ihrer Atmosphäre hindeuten. Von diesem Typ existieren nur wenige größere Sterne, wie z. B. α Orionis.

Wesentlichen Aufschluß hat die Spektroskopie in bezug auf das Wesen der Nebelflecke gebracht. Während man nämlich in früherer Zeit annahm, daß die Nebelflecken nichts anderes seien als Sternhaufen, die sich bei genügender Steigerung der Vergrößerungen unserer Fernrohre alle in einzelne Sterne würden auflösen lassen, hat das Spektroskop gelehrt, daß diese Anschauung keineswegs richtig ist,

sondern daß es tatsächlich ausgedehnte aus stark verdünnten Gasmassen bestehende Nebel gibt. Den Beweis dafür hat Huggins geliefert, der zuerst nachwies, daß eine Reihe von Nebeln ein aus hellen Linien bestehendes Spektrum emittiere. Diese Erscheinung zeigt zum Beispiel der bekannte Nebel im Orion. Das Spektrum besteht aus vielen Linien, von denen zwei als sicher dem Wasserstoff zugehörig erkannt sind, während man über den Ursprung der beiden andern noch nichts weiß.

Außer diesen eigentlichen Nebelflecken gibt es auch Sternhaufen, die ein schwach kontinuierliches Spektrum besitzen, die also von

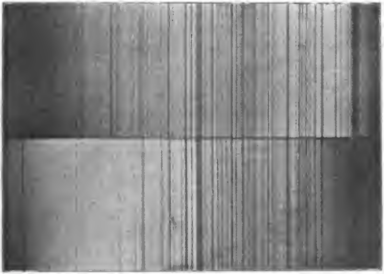


Fig. 54.

ersteren wesentlich verschieden sind. In der Tat ist noch nie die Auflösung eines Gebildes mit dem Spektrum der Nebelflecke gelungen, wohl aber die Trennung der kontinuierliche Spektren ergebenden Sternhaufen.

Auch die Nebelflecken schalten sich in die Vogelsche Klassifikation der Sterne nach ihrem Entwicklungsstadium ein. Sie sind vor die weißen Sterne zu setzen, und mit dem Spektroskop können wir also Sterne in allen Stadien ihrer Entwicklung finden, die vom kosmischen Nebel über die weißen, gelben und roten Sterne zum nichtleuchtenden Himmelskörper vom Typus unserer Planeten bis zum Mond geht.

Untersuchungen von Kometen haben meist gezeigt, daß das Spektrum derselben eine Reihe von Banden enthält, die identisch mit den Banden der Kohle zu sein scheinen; die Spektra der Meteore sind wegen der Schwierigkeit der Beobachtung nur unvollkommen untersucht.

29. Spektroskopische Messung der Bewegung von Himmelskörpern.

Auch für die messende Astronomie ist das Spektroskop ein außerordentlich wichtiges Hilfsmittel geworden, indem es, wie wir bei der Betrachtung des Dopplerschen Prinzipes sahen, gestattet, Bewegungen der Gestirne in der Richtung auf uns zu oder von uns weg, im Visionsradius, zu bestimmen. Diese Verwendung des Spektroskops spielt in der modernen Astronomie eine sehr große Rolle, da wir sonst kein Mittel haben, Bewegungen im Visionsradius auch nur zu erkennen, geschweige denn zu messen.

Der erste, der solche Untersuchungen an Fixsternen unternahm, war Huggins, der im Jahre 1867 Linienverschiebungen in den Spektren feststellte und daraus die Bewegungen berechnete. Der erste, der dagegen mit Hilfe des Dopplereffektes eine Bestimmung ausführte, die sich unabhängig davon kontrollieren ließ, war Vogel, der an der Sonne den Effekt feststellte. Da nämlich die Sonne um eine zur Erdbahnebene ungefähr senkrecht stehende Achse rotiert, so bewegt sich der eine Sonnenrand auf uns zu, der andere von uns weg. Die Fraunhoferschen Linien müssen also an dem einen Rande nach Violett, an dem andern nach Rot verschoben sein. Allerdings ist die Geschwindigkeit der Sonnenrotation im Verhältnis zur Lichtgeschwindigkeit klein, und da es bei dem Dopplereffekt auf dieses Verhältnis ankommt, ist die zu erwartende Verschiebung nicht groß. Vogel benutzte zu seinem Versuch das Zöllnersche Reversionsspektroskop. Das Instrument ist folgendermaßen eingerichtet: Es werden zwei Spektra gleicher Dispersion aber ungleicher Farbenfolge entworfen, die beliebig gegeneinander so verschoben werden können, daß jede Stelle des einen Spektrums mit jeder des andern zur Koinzidenz gebracht werden kann. Das kann z. B. so erreicht werden, daß man durch ein Spaltrohr parallel gemachtes Licht auf zwei übereinanderliegende Prismensätze a vision direkt fallen läßt und in dem zur Beobachtung dienenden Fernrohr die Objektivlinse senkrecht zum Spalt zerschneidet; die einzelnen Teile dieser Linse werden dann durch Mikrometerschrauben normal zur Schnittlinie und senkrecht dazu beweglich gemacht. Dann können die beiden Spektren

sowohl parallel ihrer Längenausdehnung als auch senkrecht dazu bewegt werden. Bringt man etwa die Linien *LL* (Fig. 55) zur Deckung, während das Spektroskop auf die Mitte der Sonnenscheibe gerichtet ist, und verschiebt es dann nach dem Rande zu, der sich auf uns zu bewegt, so wird die Linie beide Male nach dem violetten Ende des Spektrums verschoben. Da dieses Ende aber in den beiden Spektren in verschiedener Richtung liegt, so werden sich die Linien *LL* nicht mehr übereinander befinden, sondern werden gegeneinander verschoben sein, und zwar wird die Größe dieser Verschiebung das Doppelte derjenigen betragen, die in einem gewöhnlichen Spektroskop gleicher Dispersion hervorgerufen würde.

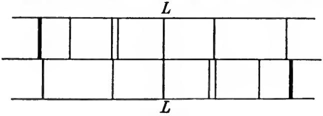


Fig. 55.

Auf diese Weise hat Vogel den Dopplereffekt an den Sonnenrändern tatsächlich feststellen können. Auch quantitative Untersuchungen dieser Verschiebung, wie sie etwa Crew, Duner, Halm usw. ausgeführt, haben innerhalb der Beobachtungsfehler, die ja natürlich bei derartig schwierigen Messungen sehr ins Gewicht fallen, die Brauchbarkeit des Dopplerschen Prinzipes ergeben.

Das Dopplersche Prinzip ist ferner sehr geeignet, die in der Sonne selbst entstehenden Fraunhoferschen Linien von den tellurischen zu trennen, ein Gedanke, der zuerst von Langley ausgesprochen ist, während Cornu ihn zuerst praktisch ausgeführt hat. Cornu läßt zu dem Zwecke das Sonnenbild, das durch eine Linse auf den Spalt des Spektralapparates geworfen wird, durch Bewegung der Linse hin und her pendeln. Dann erleiden die wirklich von der Sonne stammenden Linien eine kleine Verschiebung nach beiden Seiten infolge des Dopplerschen Prinzipes, werden also unscharf, während die tellurischen Linien ihre volle Schärfe behalten. Über die Anwendung der Dopplerschen Theorie auf die Erklärung der Protuberanzen haben wir schon gesprochen.

Hierher gehört auch die spektroskopische Erkennung von Doppelsternen, d. h. von Sternsystemen, die sich umeinander bewegen. Es

gibt nämlich Sterne, deren Linien bald einfach, bald doppelt erscheinen. Das rührt daher, daß wir es mit zwei Sternen zu tun haben, die umeinander kreisen. Sehen wir nämlich in Fig. 56 das System in der Stellung *a*, wo der gefiederte Pfeil die Sehrichtung angibt, so bewegt sich der links gezeichnete Stern auf uns zu, während der rechts gezeichnete sich von uns weg bewegt. Wenn beide Sterne dieselbe Linie in Emission oder Absorption zeigen, so muß die Bewegung des linken Sternes eine Verschiebung dieser Linie nach Violett, die des rechten eine solche nach Rot zur Folge haben. Die Linie muß also verdoppelt erscheinen, und zwar ist die Größe des Abstandes der beiden Komponenten durch die doppelte Dopplerverschiebung gegeben. In der Stellung *b* dagegen bewegen sich die beiden Sterne senkrecht zum Visionsradius, eine Geschwindigkeit auf den Beobachter zu oder von ihm weg ist also nicht vorhanden, und es kann infolgedessen auch keine Linienverdoppelung eintreten. Aus der Periode der Verdoppelung läßt sich die Umlaufszeit der beiden Sterne umeinander natürlich leicht feststellen; sie ist offenbar gleich der Zeit, die zwischen drei Verdoppelungen der Linien vergeht, da ja auf jeder Bahnhälfte eine solche Verdoppelung eintritt. Das Spektrum eines solchen „spektroskopischen Doppelsterns, nämlich das von β Aurigae mit einmal einfach, einmal doppelt erscheinenden Linie zeigen die beiden Aufnahmen der Fig. 57.

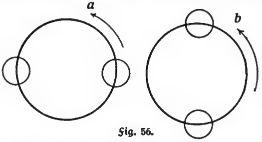
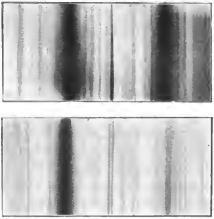


Fig. 56.


Fig. 57.

Daß auch die Bewegung eines Himmelskörpers um ein dunkles Zentrum oder die eines hellen und eines dunklen Sternes umeinander spektroskopisch sein muß, ist klar. So hat sich bei dem schon lange

als veränderlich erkannten Stern Algol eine entsprechende Linienverschiebung gezeigt, die ein solches Umeinanderkreisen eines hellen und eines dunklen Teils bestätigt, und dadurch ist die Vermutung, daß die Veränderlichkeit dieses Sternes von einer teilweisen Verdeckung des hellen Sterns durch den dunklen herrühre, ihre Bestätigung gefunden. Auch hier läßt sich durch Messung der Periode der Linienverschiebung wieder die Umlaufszeit feststellen.

Wir sehen, daß auch bezüglich der Bewegungen von Himmelskörpern die Spektroskopie sich als äußerst fruchtbar erwiesen und eine Menge neuer Aufschlüsse gegeben hat, die von den andern Methoden niemals erwartet werden konnten.

B. Sonstige Anwendungen der Spektroskopie.

30. Messung hoher Temperaturen.

Bei der Betrachtung der Strahlungsgesetze des schwarzen Körpers haben wir gefunden, daß die Intensität der Strahlung für eine bestimmte Farbe mit der Temperatur im Zusammenhang steht. Wir hatten ferner gesehen, daß diese Abhängigkeit mathematisch ausdrückbar ist. Es liegt daher die Möglichkeit vor, die Strahlungsintensität für eine Wellenlänge zur Messung der Temperatur eines — allerdings zunächst nur absolut schwarzen — Körpers zu verwenden.

Wir lernten zunächst die Beziehung

$$\lambda_m \cdot T = \text{Const.}$$

kennen, die von W. Wien theoretisch abgeleitet worden ist. Durch eine große Anzahl experimenteller Arbeiten ist die Richtigkeit dieser Formel bestätigt worden, und es ist klar, daß wir sie ohne weiteres zur Temperaturbestimmung benutzen können, sobald wir den Wert der auf der rechten Seite stehenden Konstanten ermittelt haben. Wir sahen schon, daß der Wert dieser Konstanten etwa 3000, genauer 2940 ist, wenn die Wellenlänge in μ, also in Tausendstel Millimetern angegeben wird. Will man die Temperatur eines leuchtenden schwarzen Körpers bestimmen, so hat man nur ein Spektrum desselben zu entwerfen und darin durch Energiemessung, etwa mit einem Linearbolometer, die Wellenlänge der maximalen Energie zu bestimmen. Die einfache Gleichung

$$T = \frac{2940}{\lambda_m}$$

gibt dann die absolute Temperatur des Körpers. Ist der emittierende Körper kein absolut schwarzer, zeigt er aber sonst denselben Verlauf der Temperaturkurve, so erhalten wir die Temperatur, die ein schwarzer Körper hätte, wenn er diese Strahlung aussenden würde, die sogenannte schwarze Temperatur des Körpers. Diese schwarze Temperatur ist dann im Vergleich mit der wahren Temperatur etwas zu niedrig, da nach dem Kirchhoffschen Gesetz ein schwarzer Körper die stärkste mögliche Strahlung bei jeder Temperatur hat.

Diese Art der Temperaturmessung ist natürlich nicht an irdische Körper gebunden, sondern überall da anzuwenden, wo das kontinuierliche Spektrum eines ungefähr wie ein absolut schwarzer Körper strahlenden sichtbar ist. So ist die Temperatur der Sonne festgestellt worden. Das Energiemaximum im Sonnenspektrum liegt bei ungefähr 0,5 μ. Für die Sonnentemperatur ergibt sich also

$$\theta = \frac{2940}{0,5} = 5880^0 \text{ abs.}$$

Das entspricht ungefähr 5600° C. Diese Temperatur wird, wie wir schon oben auseinandersetzten, etwas zu niedrig sein, da die Sonne kein absolut schwarzer Körper ist. Zieht man das in Betracht, so ergibt sich für die wahre Temperatur der Sonne ungefähr 6000° C, deren Betrag die Sonnentemperatur jedenfalls nicht wesentlich übersteigt. Damit sind die früheren Vermutungen über die Temperatur unseres Zentralkörpers, die meist sehr vager Natur waren, und deren Betrag zwischen etwa 3000 und mehreren Millionen Grad schwankte, hinfällig geworden.

Für den praktischen Gebrauch sind Temperaturmessungen nach dem eben besprochenen Verfahren zu umständlich. Energiemessungen mit dem Bolometer oder der Thermosäule gehören zu den schwierigsten physikalischen Messungen überhaupt und sind deshalb zu praktischen Bestimmungen unbrauchbar. Man verwendet deshalb in der Praxis andere Instrumente, die sogenannten optischen Pyrometer, deren Prinzip das folgende ist:

Die Emission der zu untersuchenden Lichtquelle wird spektral zerlegt und mit der ebenfalls zerlegten Strahlung eines schwarzen Körpers, der sich auf bestimmter Temperatur befindet, verglichen. Der Vergleich wird für eine bestimmte Farbe des Spektrums ausgeführt, und zwar meist im roten Teile desselben, weil rote Strahlen schon bei verhältnismäßig geringer Temperatur ausgesendet werden

und so die Instrumente schon bei diesen tiefen Temperaturen brauchbar sind. Der Vergleich der Intensitäten geschieht mittels eines sogenannten Spektralphotometers. Ein solcher Apparat gestattet zwei Spektren verschiedener Lichtquellen dicht übereinander zu entwerfen und die Intensität des einen dieser Spektra so lange zu ändern, bis die beiden Spektren in dem betrachteten Spektralbereich genau gleich hell sind. Wenn die Spektra sich genau berührend aneinanderliegen, ist das sehr leicht daran zu erkennen, daß die Trennungslinie zwischen ihnen vollständig verschwindet. Derartige Instrumente gibt es eine ganze Anzahl. Wir wollen hier nur das augenblicklich beste, das Spektralphotometer von Brace, beschreiben. Dieses Instrument besteht aus einem Spektralapparat, dessen Prisma gleichseitig ist und aus zwei aufeinandergekitteten Hälften *ABD* und *BDC* besteht. (Fig. 58.) In der Trennungsfläche *BD* ist ein schmaler Streifen versilbert (Fig. 59), so daß Licht,

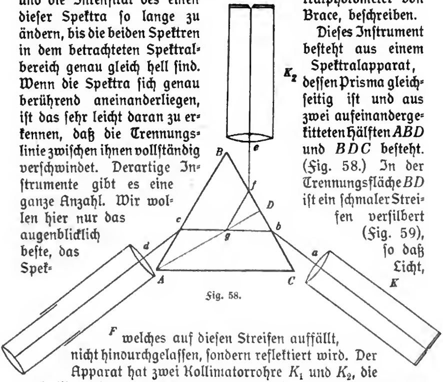


Fig. 58.

welches auf diesen Streifen auffällt, nicht hindurchgelassen, sondern reflektiert wird. Der Apparat hat zwei Kollimatorrohre K_1 und K_2, die verstellbare Spalte haben und durch verschiedene Lichtquellen beleuchtet werden können. Fällt aus dem Kollimatorrohr K_1 Licht auf das Prisma, so wird es, wenn dieses auf das Minimum der Ablenkung eingestellt ist, einen Weg wie der Strahl *abcd* zurücklegen und in das Fernrohr *F* gelangen. Die Strahlen jedoch, die an der Stelle das Prisma passieren, wo der Silberstreifen sich befindet, werden nicht hindurchgehen können, so daß im Spektrum des von K_1 kommenden Lichtes ein Streifen quer über das ganze Spektrum fehlt. Steht der Kollimator K_2 um 120^0 gegen K_1 verschoben, so wird Licht, welches von *K* ausgeht, durch das Prisma *ABC*, dessen brechende Kante jetzt in *C* zu denken ist, ebenfalls unter dem Minimum der Ablenkung hindurchgehen, weil ja das Prisma ein gleichseitiges ist. Der Teil, der an der Stelle *g* den Silber-

streifen trifft, wird an diesem reflektiert werden, und zwar muß er, wie man sich leicht überlegen kann, in die Richtung des Strahles *gc* fallen, also mit diesem zusammen ins Fernrohr gelangen. Die Strahlen, die vom Kollimator K_2 kommen, füllen daher den Streifen,

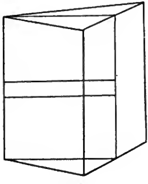


Fig. 59.

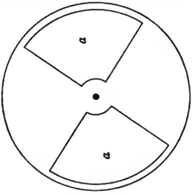


Fig. 60.

der im Spektrum des Kollimators K_1 frei war, gerade aus, und das von K_2 stammende Spektrum liegt so gerade zwischen demjenigen, welches von K_1 herrührt. Die beiden Spektren lassen sich also leicht in bezug auf ihre Helligkeit miteinander vergleichen; sie sind gleich hell, wenn die Trennungslinie zwischen ihnen vollständig verschwunden ist. Sind die beiden Spektren von vornherein nicht gleich hell, so muß man, um Gleichheit zu erzielen, das hellere schwächen, und das kann man dadurch bewirken, daß man den Spalt des entsprechenden Kollimators enger macht. Besser benutzt man jedoch gleich weite Spalte und schwächt das Licht durch einen rotierenden Sektor.

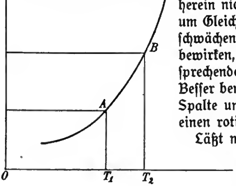


Fig. 61.

Läßt man nämlich vor dem Spalt eine Scheibe rotieren, aus der zwei Quadranten herausgeschnitten sind (Fig. 60), so gelangt nur dann Licht in den Spalt, wenn sich gerade eine Öffnung vor ihm befindet. Es kommt also nur halb so viel Licht in den Spalt, wie wenn die Scheibe nicht vorhanden wäre. Das im Fernrohr *F* beobachtende Auge hat aber, wenn die Rotation schnell genug ist, trotzdem

einen kontinuierlichen Lichteindruck, weil es eine gewisse Zeit braucht, um den vergangenen Lichteindruck zu verlieren, und so der alte noch vorhanden ist, wenn der neue auftritt. Durch einen solchen rotierenden Sektor kann man also das Licht der einen Lichtquelle auf die Hälfte reduzieren, und durch Änderung der Sektorengröße läßt sich ebenso eine ganz beliebige Reduktion der Lichtintensität erreichen.

Bei unserer Temperaturmessung stellt man vor das eine Kollimatorrohr einen absolut schwarzen Körper, der sich auf bestimmter Temperatur befindet, vor das andere den Körper, dessen Temperatur bestimmt werden soll. Dann sorgt man durch Einregulierung des rotierenden Sektors dafür, daß die beiden im Photometer vorhandenen Spektren gleich hell erscheinen. Das wird meist nicht gleichzeitig für alle Strahlen gelten und wird deshalb für eine Farbe ausgeführt, die sich aus dem Spektrum herausblenden läßt, etwa für Rot. Da wir die Abhängigkeit der Energie der Strahlung eines schwarzen Körpers von der Temperatur kennen, so können wir die Temperatur des zu untersuchenden Körpers durch Energievergleich in dieser Wellenlänge feststellen. Nehmen wir etwa an, die in Figur 61 dargestellte Kurve gebe für die Wellenlänge, die im Photometer benutzt wird, die Abhängigkeit der Energie von der Temperatur, wobei die Energie in beliebigen Einheiten gemessen sei. Der als Vergleichslichtquelle benutzte schwarze Körper habe die Temperatur T_1. Dann gibt die Linie $T_1 A$ die Energie der Strahlung für diese Temperatur an. Hat die zu untersuchende Lichtquelle, wie durch Messung der Sektorengröße festgestellt wird, eine doppelt so starke Emission dieser Wellenlänge, so brauchen wir in unserer Kurve nur den Punkt zu suchen, dessen Ordinate doppelt so groß ist wie $T_1 A$. Die zu diesem Punkt gehörige Abszisse $O T_2$ gibt ohne weiteres die gesuchte Temperatur.

In der beschriebenen Weise ist das Wannersche Pyrometer eingerichtet. Nur benutzt Wanner nicht das Bracesche Photometer, sondern das infolge vieler Lichtverluste weniger gute Königsche Photometer, dessen Einrichtung wir aber hier nicht beschreiben wollen.

Wesentlich einfacher und deshalb auch technisch mit Vorteil zu benutzen ist das Pyrometer von Holborn und Kurlbaum. Es besteht aus einem einfachen Fernrohr, dessen Objektivlinse O (Fig. 62) und Okularlinse A ganz gewöhnliche Linsen, etwa Brillengläser sein können. Durch die Objektivlinsen wird ein Bild der zu untersuchenden glühenden Fläche in der Ebene des Glühfadens einer

in der Mitte des Rohres angebrachten elektrischen Glühlampe *L* entworfen. Das Bild wird durch die Okularlinse, vor die ein rotes Glas, das nur die roten Strahlen des Spektrums hindurchgehen läßt, gestellt ist, betrachtet. In diesem Bilde hebt sich der Faden der Glühlampe schwarz ab. Wird dagegen die Glühlampe entzündet und ihre Helligkeit allmählich gleich der der leuchtenden Fläche, so verschwindet der Faden der Glühlampe. „Es macht den Eindruck", sagen Holborn und Kurlbaum, „als löse er sich in einer feurigen Flüssigkeit auf."

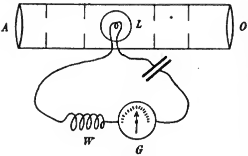


Fig. 62.

Das Pyrometer wird so eingestellt, daß der Faden der Glühlampe vollständig verschwunden ist. Diese Einstellung wird hier nicht durch eine Schwächung des Lichtes der zu untersuchenden Lichtquelle bewirkt, sondern durch eine Änderung der Helligkeit der Glühlampe. Das geschieht einfach dadurch, daß der der Glühlampe zugeführte Strom durch einen in ihren Stromkreis eingeschalteten Regulierwiderstand *W* geändert wird. Im Stromkreis befindet sich außerdem noch ein Galvanometer, das den durch die Glühlampe fließenden Strom zu messen gestattet... Das Instrument wird durch Vergleich mit der Strahlung eines schwarzen Körpers in der Weise geeicht, daß zu jeder Temperatur die Stromstärke des durch die Glühlampe fließenden Stromes gemessen und in einer Tabelle verzeichnet wird. Zum Gebrauch genügt also eine Einstellung des Regulierwiderstandes bis in der Durchsicht der Faden der Lampe verschwindet. Eine Ablesung am Strommesser und ein Vergleich mit der Tabelle gibt dann die gewünschte Temperatur.

Das Temperaturintervall, innerhalb dessen dies Pyrometer ohne weiteres brauchbar ist, wird natürlich beschränkt durch die Höhe der Temperatur, die der Glühfaden der Lampe aushält. Will man höhere Temperaturen messen, so muß man das Licht der zu untersuchenden Lichtquelle schwächen und Überlegungen anstellen, wie wir sie beim Wannerschen Pyrometer ausführten.

Außer den besprochenen Pyrometern sind noch solche von Le Chatelier und von Fery konstruiert worden, auf die wir aber hier nicht eingehen wollen.

Alle optischen Pyrometer geben schwarze Temperaturen an, d. h. solche, die ein schwarzer Körper haben würde, wenn seine Strahlung in dem betrachteten Spektralbereich ebenso groß wäre wie die des untersuchten. Dadurch ist dem Gebrauch der Pyrometer eine Grenze gesetzt. Besonders zur Temperaturbestimmung leuchtender freistrahlender Körper sind sie nicht zu gebrauchen. Immerhin geben sie auch hier eine untere Grenze für die Temperatur an, da der schwarze Körper von allen gleich hellstrahlenden die niedrigste Temperatur hat.

Wenn es sich aber darum handelt, die Temperatur eines in einem Ofen glühenden Körpers zu bestimmen, so können wir ein optisches Pyrometer anwenden, wenn nur die Wände des Ofens sich ungefähr auf derselben Temperatur befinden wie der in ihm befindliche Körper. Dann strahlt der Körper nämlich in einem Hohlraum von überall gleicher Temperatur, und wir haben früher gesehen, daß ein solcher immer wie ein absolut schwarzer Körper strahlt.

Der Vorteil der optischen Pyrometer liegt hauptsächlich darin, daß beliebig hohe Temperaturen damit bestimmt werden können, daß sie also noch da verwendbar sind, wo die andern Methoden versagen, wo die Luft- und Gasthermometer anfangen, für die Gase durchlässig zu werden, wo die Thermoelemente schmelzen usw.

31. Spektroskopie und Beleuchtungstechnik.

Wenn wir unsere künstlichen Lichtquellen, die wir zur Beleuchtung benutzen, spektral zerlegen und die Energieverteilung etwa bolometrisch betrachten, so zeigt sich, daß die meisten von ihnen ganz außerordentlich unökonomisch sind. An einem Beleuchtungskörper wird man vom ökonomischen Standpunkt die Forderung stellen müssen, daß die gesamte zugeführte Energie in Licht verwandelt wird. Prüfen wir diese Forderung aber an den vorhandenen Lichtquellen, so finden wir, daß sie von der Erfüllung dieser Bedingung sehr weit entfernt sind. Betrachten wir von diesem Gesichtspunkt aus etwa die Strahlung des schwarzen Körpers. Wir wissen, daß seine Strahlung bei niedriger Temperatur mit den längsten Wellen anfängt, und daß gleichzeitig mit der Zunahme der Temperatur die Strahlen kürzerer Wellenlänge auftreten, während gleichzeitig die längeren Wellenlängen an Intensität gewinnen. Bedenken wir, daß ein solcher Körper, der sich in weißglühendem Zustand befindet, Strahlen von der Wellenlänge 60 μ bis 0,3 μ aussendet, und daß von diesen Strahlen nur die zwischen 0,75 μ und 0,4 μ auf unser

Auge einwirken, so sehen wir, ein wie großer Teil der zur Erzeugung der Strahlung verwendeten Energie für die Lichterzeugung nutzlos verloren geht. Das wird noch schlimmer durch den Umstand, daß bei den Temperaturen, die wir in unseren Lichtquellen benutzen, das Maximum der Energie nicht im sichtbaren Teil des Spektrums, sondern im Ultrarot liegt.

Die meisten unserer Lichtquellen strahlen nun ähnlich wie ein schwarzer Körper; denn der meist zur Erzeugung der Strahlung benutzte glühende Kohlenstoff ist, wie wir früher sahen, dem schwarzen Körper hinsichtlich seiner Strahlung ähnlich. Zu den Beleuchtungsquellen dieser Art gehören die Kerze, die Öl- und Petroleumlampen, die Fischschwanz- und Argandbrenner. In allen diesen Lampen wird nämlich die Strahlung von glühenden Rußteilchen geliefert. Auch in der gewöhnlichen elektrischen Kohlefadenglühlampe strahlt ebenso wie in der Kohlebogenlampe glühender Kohlenstoff.

Viel günstiger wie die erwähnten Beleuchtungsquellen muß ein Körper strahlen, der die ultraroten Strahlen leicht hindurchläßt und nur die sichtbaren stark absorbiert. Ein solcher Körper muß nämlich nach dem Kirchhoffschen Gesetz die Lichtstrahlen allein emittieren. Könnten wir einen solchen Körper finden, so würden wir eine außerordentlich ökonomische Lichtquelle bekommen. Ein Beleuchtungskörper, der dieser Bedingung etwas näher kommt als die andern in den Lichtquellen glühenden, ist der Auerstrumpf. Er hat das Maximum seiner Emission im blauen Teile des Spektrums, während seine Strahlung nach Rot hin stark abnimmt. Man kann sich davon sehr leicht überzeugen, wenn man das Auerlicht als Beleuchtung einer photographischen Dunkelkammer mit Rubinzylinder benutzt. Es ist in diesem Falle einem Argandbrenner, dessen Strahlung im ganzen der Auerstrumpf bekanntlich weit übertrifft, ganz bedeutend unterlegen. Die rote Emission des Auerstrumpfes ist also kleiner als die glühender Kohleteilchen, und schon die etwas grünliche Farbe des Auerlichtes zeigt, daß das Rot gegen die übrigen Spektralfarben etwas schwach sein muß. Auch im Ultrarot ist die Strahlung des Auerstrumpfes verhältnismäßig gering und erst bei den ganz langen Wellen wird sie der des schwarzen Körpers wieder ähnlicher. Hier schadet dies aber für die Ökonomie der Lampe nicht mehr viel, da die Strahlung eines schwarzen Körpers für diese ganz langen Wellen wieder gering ist, also keinen hohen Prozentsatz der Gesamtstrahlung ausmacht. Diese bei der Strahlung des Auerstrumpfes auftretenden besonderen Verhältnisse, die von Rubens

besonders erforscht sind, erklären die gute Ökonomie dieses Beleuchtungskörpers gegenüber den meisten andern, sowie seine außerordentlich große Verbreitung, die auf dieser guten Ausnutzung der zugeführten Energie beruht.

Die Ökonomie der Lichtquellen mit Temperaturstrahlung läßt sich auch dadurch verbessern, daß man die Temperatur erhöht. Denn bei einer Steigerung der Temperatur wächst nicht nur die Energie der sichtbaren Strahlung der Energiezufuhr entsprechend, sondern das Maximum der Strahlung rückt gleichzeitig mehr in das sichtbare Gebiet, so daß dadurch die sichtbare Energie noch mehr gewinnt. Allerdings liegt dieses Maximum erst bei der Temperatur der Sonne wirklich in dem sichtbaren Spektrum. Immerhin bewirkt bei den in unseren Lichtquellen gebräuchlichen Temperaturen eine Steigerung der Temperatur eine Erhöhung des Lichteffektes mit ungefähr der zwölften Potenz der Temperatur, während die zu dieser Temperatursteigerung nötige Energievermehrung nur proportional der fünften Potenz der Temperatur ist.

Darin liegt hauptsächlich der Grund für die Überlegenheit der neuen elektrischen Glühlampen mit Metallfaden über die alten Kohlefadenlampen. Diese Lampen enthalten Glühfäden aus den Metallen Tantal, Osmium oder eine Legierung von Osmium und Wolfram (Osramlampe), und diese Metalle lassen sich auf etwas höhere Temperatur bringen als der Kohlefaden, der bei so hoher Temperatur zerstäubt. Dazu kommt bei diesen Lampen allerdings noch der bei der Behandlung des Auerstrumpfes erwähnte Umstand, indem nämlich auch diese Metalle selektive Eigenschaften zeigen, d. h. weniger ultrarote Strahlen emittieren, als der auf derselben Temperatur befindliche absolut schwarze Körper. Das letztere gilt insbesondere auch für die Strahlung der Nernstlampe, in der ein Stäbchen aus Magnesia glüht.

Noch günstiger wird die Ökonomie der Lampen, wenn man von der Benutzung der Strahlung fester und flüssiger Körper ganz absieht und die Lumineszenzstrahlung von Dämpfen benutzt. Als Lumineszenzstrahlungen bezeichnet man solche, die nicht durch hohe Temperatur allein hervorgerufen werden, für die auch das Kirchhoffsche Gesetz nicht mehr in seiner vollen Ausdehnung gilt, wenn es auch qualitativ noch Gültigkeit hat. Das heißt, daß bei solchen Lumineszenzstrahlungen ein Körper, der sich auf niederer Temperatur befindet als ein absolut schwarzer Körper, doch Strahlen bestimmter Wellenlänge stärker aussenden kann, als ein absolut

schwarzer Körper bei derselben Temperatur. Das Gesetz, daß die vom Körper emittierten Strahlen auch absorbiert werden, scheint auch für die Lumineszenz gültig zu sein. Solche Lumineszenzstrahlungen sind bei einer Reihe moderner Beleuchtungskörper ebenfalls benutzt worden. So bei den Bogenlampen, deren Elektroden mit Metallsalzen imprägniert sind, durch deren Dampf dann der Bogen gefärbt wird. Hier wird also weniger das Licht der glühenden Kohlen, als vielmehr das des zwischen ihnen übergehenden Dampfbogens benutzt. Zu diesen Lichtquellen gehören die Flammenbogenlampen, insbesondere das Bremerlicht. Die Färbung des Bogens wird meist durch die Fluoride der Metalle Kalzium, Baryum und Strontium bewirkt. Wie schon erwähnt, kommt bei diesen Lampen zu der Lumineszenzstrahlung des Bogens noch die Temperaturstrahlung der Elektroden hinzu. Besonders günstig müssen solche Lampen sein, bei denen die Temperaturstrahlung ganz ausgeschaltet ist und die Lumineszenzstrahlung ganz im sichtbaren Gebiet liegt. Diesem Ideal kommt die Quecksilberbogenlampe besonders nahe. Sie besteht aus einem evakuierten Glas- oder Quarzrohr, in das zwei Elektroden führen, die mit Quecksilber umgeben sind. Durch Neigen der Lampe, wobei ein schmaler Quecksilberstreifen von der einen zur andern Elektrode fließt, wird die Lampe entzündet und zeigt in einem langen Lichtbogen das Spektrum des Quecksilbers, das hauptsächlich aus zwei gelben, einer grünen, einer blauen und zwei violetten Linien besteht. Außerdem sind noch einige Linien im Ultraviolett vorhanden. Leider gibt die Mischung dieser Farben ein für das Auge sehr unangenehmes Licht besonders deshalb, weil das Rot im Spektrum des Quecksilbers vollständig fehlt. Ein roter Gegenstand erscheint in diesem Lichte dunkelbraun bis schwarz, die menschliche Haut ähnlich wie bei der Beleuchtung durch Natriumlicht in einer grünlichen Leichenfarbe. Man hat deshalb, um das Licht für das Auge angenehmer zu machen, dem Quecksilber rote Strahlen hinzugefügt dadurch, daß man dem Quecksilber Kadmium, Wismut oder Zink beimischte. Der Stromverbrauch der Quecksilberbogenlampe ist außerordentlich gering, so daß diese Lampe von den elektrischen Beleuchtungsquellen bei weitem die billigste ist. Besonders bei hoher Beanspruchung durch ziemlich starken Strom, wie sie in den von Heräus in Hanau hergestellten Quarzglaslampen, die sehr hohe Temperatur und sehr hohen Druck aushalten, möglich ist, ist die Ökonomie der Lampe eine vorzügliche. Allerdings wirkt bei den Quarzlampen die außerordentlich starke Emission

ultravioletter Strahlen unangenehm; diese Strahlen wirken schädlich auf das Auge ein, indem sie schmerzhafte Augenentzündungen hervorrufen. Außerdem wirken sie in der umgebenden Luft stark Ozon bildend.

In der folgenden Tabelle soll der Verbrauch an Energie pro Kerzenstärke für die gebräuchlichsten Lichtquellen zusammengestellt werden.

1. Elektrische Lampen.

Kohlefadenglühlampe .	3,1	bis	4	Watt	pro	Kerzenstärke
Nernstlampe	2,2	„	3,1	„	„	„
Tantallampe	2,0	„	2,5	„	„	„
Aueroslampe	1,9	„	2,2	„	„	„
Osramlampe	1,4	„	1,5	„	„	„
Bogenlampen. . . .	0,7	„	2,5	„	„	„
Flammbogenlampen .	0,36	„	0,48	„	„	„
Quecksilberbogenlampen	0,18	„	0,45	„	„	„

2. Gaslampen.

Argandbrenner . .	10	Liter	Gas	pro	Kerze	und	Stunde.
Auerbrenner . . .	2	„	„	„	„	„	„

Nimmt man den Heizwert des Leuchtgases mittlerer Qualität zu 5000 Kalorien pro Kubikmeter an, so ist er für 1 Liter 5 Kalorien. Rechnet man den Wert einer Kalorie, d. i. die Wärmemenge, die nötig ist, um 1 Liter Wasser um 1^0 zu erwärmen, äquivalent einer mechanischen Arbeit von 430 kgm (ein Kilogrammeter ist die Arbeit, die nötig ist, um ein Kilogramm ein Meter hoch zu heben) so erhält man pro Liter Gas 2150 kgm. Nun ist ein Kilogrammeter pro Sekunde ungefähr gleich 10 Watt. Beim Argandbrenner ist der Verbrauch 10 Liter Gas pro Stunde, oder 1/360 L pro Sekunde. Der Verbrauch des Argandbrenners ist also 1/360. 2150 kgm d. i. 6 kgm pro Sekunde oder 60 Watt. Der Auerbrenner braucht den fünften Teil dieser Energie oder etwa 12 Watt. Von der zugeführten Energie wird demnach zunächst in allen elektrischen Lampen bedeutend mehr in Licht umgesetzt wie bei den Gaslampen. Dabei stehen in bezug auf Ökonomie obenan die Quecksilberbogenlampen, dann folgen die Flammbogenlampen und am schlechtesten sind die Kohlefadenlampen, die in bezug auf Stromverbrauch obenan stehen. Daß Gaslampen sich im Gebrauch doch meist erheblich billiger stellen als elektrische, liegt an den meist erheblich höheren Erzeugungskosten des elektrischen Stromes gegenüber dem Leuchtgas. Denn in unserer

Berechnung haben wir ja nur die Energie berücksichtigt, die der Lampe wirklich zugeführt wurde. Wieviel Energie nötig war, um die den Ausgang bildende Energie in die der Lampe zugeführte zu verwandeln, haben wir unberücksichtigt gelassen.

Nach alledem sind wir dem idealen Beleuchtungskörper, in dem alle zugeführte Energie in Lichtenergie verwandelt wird, noch erheblich fern. Aber die spektroskopische Forschung weist uns wenigstens den Weg, auf dem wir zu einer möglichst nahen Annäherung an diesen Idealzustand kommen können.

32. Einige Anwendungen der Spektroskopie auf verschiedenen Gebieten.

Zum Schlusse des Abschnitts mögen noch einige kleinere Anwendungen der Spektroskopie hier Platz finden.

Eine solche Anwendung haben wir bei der Stahlbereitung nach dem Bessemerverfahren. Dasselbe besteht bekanntlich darin, daß man Gußeisen durch einen hindurchgeblasenen Luftstrom von seinem ziemlich hohen Gehalt an Kohlenstoff befreit. Dies geschieht in einem oben offenen, birnförmigen Gefäß, dem sogenannten Konverter. Wird nun durch das glühende Metall, das sich in diesem befindet, Luft gepreßt, so erscheint an der oberen Öffnung der Birne eine Flamme, die spektroskopisch untersucht eine Reihe von Linien und Banden zeigt; diese Linien, die zum Teil dem Natrium, Kalium, Lithium und Mangan angehören, verschwinden nach einiger Zeit des Hindurchblasens der Luft. Der Moment des Verschwindens der Manganbanden gibt nun dem Techniker den Zeitpunkt an, wo er mit dem Hindurchblasen der Luft aufhören muß. Wird noch länger Luft hindurchgeleitet, so wird der Stahl unbrauchbar.

Eine Anwendung des Spektroskops in der Medizin findet sich bei einer Methode zur Feststellung von Kohlenoxydvergiftungen. Es zeigt sich nämlich, daß das Blut, welches Kohlenoxyd enthält, sich anders verhält wie reines Blut. Das Absorptionsspektrum des Blutes zeigt zwei starke Absorptionsbanden im Gelbgrün, die sich bei Zusatz von Schwefelammonium verändern. Ist aber das Blut mit Kohlenoxyd geschwängert, so ist das Spektrum an sich zwar nur wenig von dem des gewöhnliches Blutes verschieden, ändert sich aber bei Zusatz von Schwefelammonium gar nicht mehr. Das Spektroskop läßt sich demnach sowohl zur Erkennung von Blut überhaupt, was in der gerichtlichen Medizin von Vorteil sein kann, als auch zur Feststellung von Vergiftungen durch Kohlenoxydgas verwenden.

Tabellen.

I. Tabelle der wichtigsten Linien aus den Bogenspektren einer Anzahl von Elementen.

(Die Zahlen geben Angströmsche Einheiten an.)

1. Ag. (Silber)
3281
3383
3811
4055
4212
4476
4669
5209
5466
5472

2. Al. (Aluminium)
2568
2575
2653
2660
3082
3093
3944
3962

3. As. (Arsen)
2780
2860

4. Au. (Gold)
2676
3123
4793
5838
6278

5. Ba. (Baryum)
3892
4131
4525
4554
4934
5519
5536 (Bunsenflamme)
5853
6142
6499

6. Bi. (Wismut)
2781
2810
2898
2938
2989
2993
3025
3068
3397
3511
3596
4122
4722

7. C. (Kohlenstoff)
Zyanbanden bei
3590
3884
4216
4601
Kohlebanden bei
4737
5165
6535

8. Ca. (Kalzium)
3631
3644
3934
3969
4227 (Bunsenflamme)
4455
5261
5264
5270
5590
5595
5602

9. Cd. (Kadmium)
2981
3404

9. 3466 (Kadmium)
3611
4678
4800
5086
6439

10. Ce. (Cer)
3423
3710
3802
3999
4013
4187
4460
4628

11. Cr. (Chrom)
2781
3054
3579
3594
3605
3744
3749
3758
3768
3841
3964
3970
4154
4255
4275
4290
4352
4601
4646
4652
4708
4718
4922
5205
5206

11. 5209 (Chrom)
5247
5265
5298
5329
5346
5349
5410
5791

12. Cs. (Zäsium)
4556 }
4593 }
5640 } (Bunsen-
6010 } flamme)
6213 }

13. Cu. (Kupfer)
2393
2619
2767
2769
3247
3274
3688
4023
4063
4275
4378
4508
4510
4587
5104
5153
5218
5700
5782

14. Fe. (Eisen)
2501
2719
2929
2937
2995
3021
3067
3100
3266
3441
3466
3526
3565
3570

14. 3581 (Eisen)
3619
3632
3728
3758
3760
3764
3767
3816
3821
3826
3828
3834
3860
3928
3930
3969
4004
4046
4064
4072
4132
4144
4261
4272
4308
4326
4384
4405
4415
4528
4679
4691
4736
4860
4919
4921
4924
5041
5169
5193
5195
5227
5233
5384
5397
5404
5406
5587
5616

14. 5863 (Eisen)
6066
6137
6192
6301
6412
6431
6495

15. Hg. (Quecksilber)
2967
3022
3126
3132
3650
4047
4359
5461
5670
5690

16. K. (Kalium)
3447
4044 } (Bunsen-
4047 } flamme)
5340
5802
7665 } (Bunsen-
7669 } flamme)

17. Li. (Lithium)
2741
3233
4602
6104 } (Bunsen-
6708 } flamme)

18. Mg. (Magnesium)
2796
2803
2852
3091
3093
3097
3829
3832
3838
5168
5173
5184

19. Mn. (Mangan)
2576
2795
2798

19. 2801 (Mangan)
3532
3548
3570
4030
4033
4235
4258
4266
4375
4415
446 Gruppe
4490
4502
4762
4766
4824
6014
6017
6022

20. Na. (Natrium)
2853
3303
5890 } (Bunsen-
5896 } flamme)

21. Ni. (Nickel)
3003
3414
3493
3525
3567
3807
3832
3859
4402
4459
4462
4605
4649
4715
4716
4856
4980
4984
5080
5081
5477

22. Pb. (Blei)
2614
2802

22. 3573 (Blei)
3640
3684
3740
4058
5190
6002

23. Rb. (Rubidium)
4202 } (Bunsen-
4216 } flamme)
5431
5436
5656
6298 } (Bunsen-
7811 } flamme)

24. Sb. (Antimon)
2528
2598
2878
3030
3233
3268
3638
3723
4034

25. Si. (Silizium)
2507
2516
3524
2529
2882
3906

26. Sn. (Zinn)
2706
2840
3034
3175
3262
3801
4525
5632

27. Sr. (Strontium)
4078
4215
4607 (Bunsenflamme)
5257

28. Ti. (Titan)
3187

28. 3192 (Titan)
3200
3342
3355
3361
3371
3378
3636
3643
3654
3741
3753
3759
3761
3883
3948
3949
3956
3982
3989
4275
4286
4288
4289
4291
4295
4299
4301
4306
4456
4457
4512
4518
4523
4527
4533
4535
4549
4553
4556
4617
4667
4682

29. Tl. (Thallium)
2709
2768
2918
3230
3519
3529

29. 3776 (Thallium)
5351 (Bunſen-flamme)

30. U. (Uran)
4090
4242
4342

30. 4544 (Uran)
4620
5478

31. Zn. (Zink)
2801
3282
3303

31. 3345 (Zink)
4680
4722
4811
6364

II. Tabelle der wichtigſten Fraunhoferſchen Linien.

Bezeichnung	Wellenlänge	Element	Bezeichnung	Wellenlänge	Element
N	3581	Eiſen	b_4	5168	Magneſium
M	3728	Eiſen	b_3	5169	Eiſen
L	3816 3821	Eiſen	b_2	5173	Magneſium
			b_1	5184	Magneſium
K	3934	Kalzium	E	5270	Eiſen
H	3969	Kalzium	D_2	5890	Natrium
g	4227	Kalzium	D_1	5896	Natrium
G	4308	Kalzium	C	6563	Waſſerſtoff
f	4326	Eiſen	B	6867 (Bande)	Sauerſtoff d. Luft
d	4384	Eiſen			
F	4861	Waſſerſtoff	A	7594	Sauerſtoff d. Luft

III. Wellenlänge der verſchiedenen Spektralfarben.

Ultraviolett	unter	3970
Violett	„	3970—4240
Indigo	„	4240—4550
Blau	„	4550—4920
Grün	„	4920—5750
Gelb	„	5750—5850
Orange	„	5850—6470
Rot	„	6470—7230
Ultrarot	über	7230.

Sachregister.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Populäre Astrophysik.

Von Dr. J. Scheiner,

a. o. Professor der Astrophysik an der Universität Berlin,
Hauptobservator am Astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam.

Mit 30 Tafeln und 210 Figuren. [VI u. 718 S.] gr. 8. 1908.
In Leinwand gebunden ℳ 12.—

Das Werk, aus einem vom Verfasser an der Berliner Universität gehaltenen Vorlesungszyklus entstanden, versucht zum ersten Male in allgemeinverständlicher Weise die Instrumente, Theorien und Ergebnisse des Gesamtgebietes der Astrophysik, die in den letzten Jahrzehnten einen außerordentlichen Aufschwung genommen hat, in ausführlicherer Weise, als dies in den populären Astronomien möglich ist, einem gebildeten Leserkreis vorzuführen. Dieser jüngste Zweig der Astronomie ist aber bereits ein so entwickelter, daß es unmöglich gewesen wäre, in nur einem Bande eine in historischer Beziehung vollständige Darstellung zu geben. Der Verfasser mußte daher aus dem großen Materiale eine Auswahl treffen und somit dem Buche einen subjektiven Charakter geben, der ja für eine allgemeinverständliche Darstellung auch am angemessensten erscheint. Die „Populäre Astrophysik" ist also kein Handbuch für den Fachmann; sie bezweckt nur, den zahlreichen Gebildeten, denen der erweiterte Blick ins Weltall als einer der schönsten und reinsten Genüsse erscheint, als Führer in das Gebiet der physikalischen Erforschung der Himmelskörper zu dienen.

„. . . Besonders hervorzuheben sind die zahlreichen Tafeln, die in ausgezeichneter Reproduktion typische Nebelflecke, Sternhaufen usw. darstellen und eine treffliche Erläuterung des Textes bilden. Bei dem großen Interesse, das in gebildeten Laienkreisen der Astronomie entgegengebracht wird, muß das Erscheinen eines solchen Werkes um so erwünschter sein, als in den Lehrbüchern der populären Astronomie die Astrophysik gewöhnlich nicht diejenige Beachtung findet, die ihr gemäß ihrer Bedeutung für die Erkenntnis des Universums gebührt." (Physikalische Zeitschrift.)

Die Mechanik des Weltalls.

Eine volkstümliche Darstellung der Lebensarbeit **Johannes Keplers**, besonders seiner Gesetze und Probleme.

Von Direktor **Ludwig Günther** in Fürstenwalde.

Mit 13 Figuren, 1 Tafel und vielen Tabellen. [XIV u. 156 S.] 8. 1909. Geh. ℳ 2.50.

In dem vorliegenden Buche stellt Verfasser sich die Aufgabe, Keplers Lehrgebäude, d. h. die fundamentalen Errungenschaften seines Geistes und ihr Verhältnis zum heutigen Stande der Wissenschaft zu bringen, und zwar in einer Form, die mit einem weiteren Leserkreise rechnet. Nach einem in knappen Zügen gehaltenen geschichtlichen Überblick über die kosmischen Anschauungen von den Alten bis zu Keplers Zeiten werden in einem leichtverständlichen Text mit einer Anzahl sorgfältig ausgearbeiteter Originalabbildungen die Vorgänge im Weltall: die Bewegungen der Himmelskörper und die Kräfte, durch welche die Bewegungen erzeugt werden, sowie die Gesetze, wonach sie sich vollziehen, in ihrem Zusammenhange und ihrer Entwicklung geschildert. An der Hand der Keplerschen Schriften wird der Weg gezeigt, den der geniale Astronom bei Erforschung seiner Himmelsgesetze einschlug und der ihn zu so herrlichem Ziel führte. Eine Reihe astronomischer Tabellen dient der Erläuterung des Textes, indem sie zahlenmäßig zeigen, wie die Himmelskörper gegeneinander im Weltenraum stehen und sich bewegen, auch über die physikalischen und stofflichen Eigenschaften der „Zugehörigen" zu unserm Sonnensystem Auskunft geben.

Aus Natur und Geisteswelt.

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens.

Jeder Band ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

Jeder Band geh. M. 1.—, in Leinwand geb. M. 1.25.

Verzeichnis nach Stichworten.

Aberglaube s. Heilwissenschaft; Verbrechen.

Abstammungslehre. Abstammungslehre und Darwinismus. Von Professor Dr. Richard Hesse. 3. Auflage. Mit 37 Figuren. (Nr. 39.)
Die Darstellung der großen Errungenschaft der biologischen Forschung des vorigen Jahrhunderts, der Abstammungslehre, erörtert die zwei Fragen: „Was nötigt uns zur Annahme der Abstammungslehre?" und — die viel schwierigere — „wie geschah die Umwandlung der Tier- und Pflanzenarten, welche die Abstammungslehre fordert?" oder: „wie wird die Abstammung erklärt?"

Algebra s. Arithmetik.

Alkoholismus. Der Alkoholismus. Seine Wirkungen und seine Bekämpfung. Herausgegeben vom Zentralverband zur Bekämpfung des Alkoholismus. In 3 Bänden. (Nr. 103. 104. 145.)
Die drei Bändchen sind ein kleines wissenschaftliches Kompendium der Alkoholfrage, verfaßt von den besten Kennern der mit ihr zusammenhängenden sozial-hygienischen und sozialethischen Probleme. Sie enthalten eine Fülle von Material in übersichtlicher und schöner Darstellung und sind unentbehrlich für alle, denen die Bekämpfung des Alkoholismus als eine der wichtigsten und bedeutungsvollsten Aufgaben ernster sittlicher und sozialer Kulturarbeit am Herzen liegt.

Band I. Der Alkohol und das Kind. Von Professor Dr. Wilhelm Weygandt. Die Aufgaben der Schule im Kampf gegen den Alkoholismus. Von Professor Martin Hartmann. Der Alkoholismus und der Arbeiterstand. Von Dr. Georg Keferstein. Alkoholismus und Armenpflege. Von Stadtrat Emil Münsterberg.

Band II. Einleitung. Von Professor Dr. Max Rubner. Alkoholismus und Nervosität. Von Professor Dr. Max Lähr. Alkohol und Geisteskrankheiten. Von Dr. Otto Juliusburger. Alkoholismus und Prostitution. Von Dr. O. Rosenthal. Alkohol und Verkehrswesen. Von Eisenbahndirektor de Terra.

Band III. Alkohol und Seelenleben. Von Professor Dr. Aschaffenburg. Alkohol und Strafgesetz. Von Oberarzt Dr. Juliusburger. Einrichtungen im Kampf gegen den Alkohol. Von Dr. med. Laquer. Wirkungen des Alkohols auf die inneren Organe. Von Dr. med. Liebe. Alkohol als Nahrungsmittel. Von Dr. med. et phil. R. O. Neumann. Älteste deutsche Mäßigkeitsbewegung. Von Pastor Dr. Stubbe.

Alpen. Die Alpen. Von Hermann Reishauer. (Nr. 276.)
Gibt durch zahlreiche Abbildungen unterstützt eine umfassende Schilderung des Reiches der Alpen in landschaftlicher, erdgeschichtlicher, sowie klimatischer, biologischer, wirtschaftlicher und verkehrstechnischer Hinsicht.

Altertum. Kulturbilder aus griechischen Städten. Von Oberlehrer Dr. Erich Ziebarth. Mit 22 Abbildungen im Text und auf 1 Tafel. (Nr. 131.)
Sucht ein anschauliches Bild zu entwerfen von dem Aussehen einer altgriechischen Stadt und von dem städtischen Leben in ihr, auf Grund von Ausgrabungen und der inschriftlichen Denkmäler; die altgriechischen Bergstädte Thera, Pergamon, Priene, Milet, der Tempel von Didyma werden geschildert. Stadtpläne und Abbildungen suchen die einzelnen Städtebilder zu erläutern.

—— Antike Wirtschaftsgeschichte. Von Dr. Otto Neurath in Wien. (Nr. 258.)
Gibt, belebt durch den Vergleich mit modernen Verhältnissen, zum erstenmal einen allgemeinverständlichen Überblick über die Wirtschaftsgeschichte der Antike, ein Gebiet, das erst durch

die modernen Forschungen erschlossen und in seiner Wichtigkeit für den Gang der weltgeschichtlichen Entwicklung erkannt wurde, mit den Verhältnissen des Orients beginnend, die griechische Kolonisation, die Blüte kommerzieller und industrieller Betätigung in Perikleischer Zeit, deren Ausbreitung in der hellenistischen, die Verhältnisse der Kaiserzeit schildernd und bis zum Untergang der antiken Wirtschaft führend.

Altertum. Hellenische Sarkophage. Von Dr. A. Wachtler. Mit Abbildungen. (Nr. 272.)
Gibt durch zahlreiche Abbildungen unterstützt an der Hand der Entwicklung des griechischen Sarkophages einen Querschnitt durch die gesamte Geschichte der griechischen Plastik, zugleich ihren Zusammenhang mit Kultur- und Religionsgeschichte darlegend.

——— s. a. Pompeji; Rom.

Atlasländer s. Orient.

Ameisen. Die Ameisen. Von Dr. Friedr. Knauer. Mit 61 Fig. (Nr. 94.)
Faßt die Ergebnisse der so interessanten Forschungen über das Tun und Treiben einheimischer und exotischer Ameisen, über die Vielgestaltigkeit der Formen im Ameisenstaate, über die Bautätigkeit, Brutpflege und die ganze Ökonomie der Ameisen, über ihr Zusammenleben mit anderen Tieren und mit Pflanzen, über die Sinnestätigkeit der Ameisen und über andere interessante Details aus dem Ameisenleben zusammen.

Amerika. Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben. Von Professor J. Laurence Laughlin. Mit 9 graphischen Darstellungen. (Nr. 127.)
Ein Amerikaner behandelt für deutsche Leser die Fragen, die augenblicklich im Vordergrunde des öffentlichen Lebens in Amerika stehen, den Wettbewerb zwischen den Vereinigten Staaten und Europa — Schutzzoll und Reziprozität in den Vereinigten Staaten — Die Arbeiterfrage in den Vereinigten Staaten — Die amerikanische Trustfrage — Die Eisenbahnfrage in den Vereinigten Staaten — Die Bankfrage in den Vereinigten Staaten — Die herrschenden volkswirtschaftlichen Ideen in den Vereinigten Staaten.

——— Geschichte der Vereinigten Staaten von Amerika. Von Professor Dr. Ernst Daenell. (Nr. 147.)
Gibt in großen Zügen eine übersichtliche Darstellung der geschichtlichen, kulturgeschichtlichen und wirtschaftlichen Entwicklung der Vereinigten Staaten von den ersten Kolonisationsversuchen bis zur jüngsten Gegenwart mit besonderer Berücksichtigung der verschiedenen politischen, ethnographischen, sozialen und wirtschaftlichen Probleme, die zurzeit die Amerikaner besonders bewegen.

——— s. a. Technische Hochschulen; Schulwesen; Universität.

Anatomie. Die Anatomie des Menschen. Von Professor Dr. Karl v. Bardeleben. In 5 Bänden. Mit zahlreichen Abbildungen. (Nr. 201. 202. 203. 204. 263.)

I. Teil: Allgemeine Anatomie und Entwicklungsgeschichte. (Nr. 201.)
II. Teil: Das Skelett. (Nr. 202.)
III. Teil: Das Muskel- und Gefäßsystem. (Nr. 203.)
IV. Teil: Die Eingeweide (Darm, Atmungs-, Harn- und Geschlechtsorgane). (Nr. 204.)
V. Teil: Statik und Mechanik des menschlichen Körpers. (Nr. 263.)

In einer Reihe von (5) Bänden wird die menschliche Anatomie in knappem, für gebildete Laien leicht verständlichem Texte dargestellt, wobei eine große Anzahl sorgfältig ausgewählter Abbildungen die Anschaulichkeit erhöht. Der erste, die „allgemeine Anatomie" behandelnde Band enthält u. a. einiges aus der Geschichte der Anatomie von Homer bis zur Neuzeit, ferner die Zellen- und Gewebelehre, die Entwicklungsgeschichte sowie Formen, Maß und Gewicht des Körpers. Im zweiten Band werden dann Skelett, Knochen und die Gelenke nebst einer Mechanik der letzteren, im dritten die bewegenden Organe des Körpers, die Muskeln, das Herz und die Gefäße, im vierten die Eingeweidelehre, namentlich der Darmtraktus sowie die Harn- und Geschlechtsorgane und im fünften werden die verschiedenen Ruhelagen des Körpers, Liegen, Stehen, Sitzen, Knieen usw., sodann die verschiedenen Arten der Ortsbewegung, Gehen, Laufen, Tanzen, Klettern, Schwimmen, Rudern, Reiten etc., endlich die wichtigsten Bewegungen innerhalb des Körpers, die der Wirbelsäule, des Herzens und des Brustkorbes bei der Atmung zur Darstellung gebracht.

——— s. a. Arzt; Auge; Geistesleben; Heilwissenschaft; Mensch; Nervensystem; Stimme; Tierleben; Zahnpflege.

Anthropologie s. Mensch.

Arbeiterschutz. Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung. Von weil. Professor Dr. Otto v. Zwiedineck-Südenhorst. (Nr. 78.)
Das Buch bietet eine gedrängte Darstellung des gemeiniglich unter dem Titel „Arbeiterfrage" behandelten Stoffes; insbesondere treten die Fragen der Notwendigkeit, Zweckmäßigkeit und der ökonomischen Begrenzung der einzelnen Schutzmaßnahmen und Versicherungseinrichtungen in den Vordergrund.

——— s. a. Soziale Bewegungen; Versicherung.

Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht. Von Professor Dr. Paul Crantz. In 2 Bänden. Mit Figuren. (Nr. 120. 205.)

I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades. Mit 9 Figuren. (Nr. 120.)

II. Teil: Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen. Zinseszins- und Rentenrechnung. Komplexe Zahlen. Binomischer Lehrsatz. Mit 21 Figuren. (Nr. 205.)

Will in leicht faßlicher und für das Selbststudium geeigneter Darstellung über die Anfangsgründe der Arithmetik und Algebra unterrichten. Im ersten Band werden die sieben Rechnungsarten, die Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten und die Gleichungen zweiten Grades mit einer Unbekannten, und schließlich auch die Logarithmen behandelt, im zweiten die Gleichungen höheren Grades, die arithmetischen und geometrischen Reihen, die Zinseszins- und Rentenrechnung, die komplexen Zahlen und der binomische Lehrsatz, wobei überall die graphische Darstellung eingehende Berücksichtigung erfährt und zahlreiche in ausführlicher Ausrechnung eingefügte Beispiele das Verständnis erleichtern.

——— s. a. Infinitesimalrechnung; Mathematische Spiele; Schachspiel.

Arzt. Der Arzt. Seine Stellung und seine Aufgaben im Kulturleben der Gegenwart. Ein Leitfaden der sozialen Medizin. Von Dr. med. Moritz Fürst. (Nr. 265.)
Gibt einen vollständigen Überblick über das Wesen des ärztlichen Berufes, indem es Ausbildung und Berufspflichten, die verschiedenen Arten ärztlicher Betätigung wie die Aufgaben des Arztes im öffentlichen Leben eingehend schildert und so die große Bedeutung erkennen läßt, die unser Ärztestand heute auf den verschiedensten Gebieten des sozialen Lebens besitzt. Die Darstellung wird so namentlich als beachtlicher Ratgeber bei der Wahl des ärztlichen Berufes sich erweisen, wie sie als Leitfaden der sozialen Medizin für Studierende und junge Ärzte wird dienen können.

Ästhetik s. Lebensanschauungen.

Astronomie. Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. Von Professor Dr. Samuel Oppenheim. Mit 24 Abbildungen. (Nr. 110.)
Schildert den Kampf der beiden hauptsächlichsten „Weltbilder", des die Erde und des die Sonne als Mittelpunkt betrachtenden, der einen bedeutungsvollen Abschnitt in der Kulturgeschichte der Menschheit bildet, wie er schon im Altertum bei den Griechen entstanden ist, anderthalb Jahrtausende später zu Beginn der Neuzeit durch Kopernikus von neuem aufgenommen wurde und da erst mit einem Siege des heliozentrischen Systems schloß.

——— s. a. Kalender; Mond; Planeten; Spektroskopie; Weltall.

Atome s. Moleküle.

Auge. Das Auge des Menschen und seine Gesundheitspflege. Von Privatdozent Dr. med. Georg Abelsdorff. Mit 15 Abbildungen. (Nr. 149.)
Schildert die Anatomie des menschlichen Auges sowie die Leistungen des Gesichtssinnes, besonders soweit sie außer dem medizinischen ein allgemein wissenschaftliches oder ästhetisches Interesse beanspruchen können, und behandelt die Gesundheitspflege (Hygiene) des Auges, besonders Schädigungen, Erkrankungen und Verletzungen des Auges, Kurzsichtigkeit und erhebliche Augenkrankheiten sowie die künstliche Beleuchtung.

Automobil. Das Automobil. Eine Einführung in Bau und Betrieb des modernen Kraftwagens. Von Ing. Karl Blau. Mit 83 Abb. (Nr. 166.)
Gibt in gedrängter Darstellung und leichtfaßlicher Form einen anschaulichen Überblick über das Gesamtgebiet des modernen Automobilismus, so daß sich auch der Nichttechniker mit den Grundprinzipien rasch vertraut machen kann, und behandelt das Benzinautomobil, das Elektromobil und das Dampfautomobil nach ihren Kraftquellen und sonstigen technischen Einrichtungen wie Zündung, Kühlung, Bremsen, Steuerung, Bereifung usw.

——— s. a. Wärmekraftmaschinen.

Bakterien. Die Bakterien im Kreislauf des Stoffes in der Natur und im Haushalt des Menschen. Von Professor Dr. Ernst Gutzeit. Mit 13 Abbildungen. (Nr. 233.)
Kochs Tuberkelbazillus und Choleravibrio haben die Bakteriologie populär gemacht; kein Wunder, daß Laien seitdem Bakterien und Krankheiten identifizieren. Demgegenüber sucht Verfasser in gemeinverständlicher Form die allgemeine Bedeutung der Kleinlebewelt für den Kreislauf des Stoffes in der Natur und den Haushalt des Menschen auseinanderzusetzen und zu zeigen, wie die zersetzende und aufbauende Wirkung bakteriologischer Prozesse den verschiedensten Vorgängen in der freien Natur, im landwirtschaftlichen und technischen Gewerbe wie in Küche und Keller zugrunde liegt.

Baukunst. Deutsche Baukunst im Mittelalter. Von Professor Dr. Adalbert Matthaei. 2. Auflage. Mit Abbildungen und 2 Doppeltafeln. (Nr. 8.)
Der Verfasser will mit der Darstellung der Entwicklung der deutschen Baukunst des Mittelalters zugleich über das Wesen der Baukunst als Kunst aufklären, indem er zeigt, wie sich im Verlauf der Entwicklung die Raumvorstellung klärt und vertieft, wie das technische Können wächst und die praktischen Aufgaben sich erweitern, wie die romanische Kunst geschaffen und zur Gotik weiter entwickelt wird.

——— s. a. Eisenbetonbau; Gartenkunst; Städtebilder; Theater.

Beethoven s. Musik.

Befruchtungsvorgang. Der Befruchtungsvorgang, sein Wesen und seine Bedeutung. Von Dr. Ernst Teichmann. Mit 7 Abbildungen und 4 Doppeltafeln. (Nr. 70.)
Will die Ergebnisse der modernen Forschung, die sich mit dem Befruchtungsproblem befaßt, darstellen. Ei und Samen, ihre Genese, ihre Reifung und ihre Vereinigung werden behandelt und im Chromatin die materielle Grundlage der Vererbung nachgewiesen, während die Bedeutung des Befruchtungsvorganges in einer Mischung der Qualität von zwei Individuen zu sehen ist.

——— s. a. Fortpflanzung; Leben.

Beleuchtung. Die Beleuchtungsarten der Gegenwart. Von Dr. phil. Wilhelm Brüsch. Mit 155 Abbildungen. (Nr. 108.)
Gibt einen Überblick über ein gewaltiges Arbeitsfeld deutscher Technik und Wissenschaft, indem die technischen und wissenschaftlichen Bedingungen für die Herstellung einer wirtschaftlichen Lichtquelle und die Methoden für die Beurteilung ihres wirklichen Wertes für den Verbraucher, die einzelnen Beleuchtungsarten sowohl hinsichtlich ihrer physikalischen und chemischen Grundlagen als auch ihrer Technik und Herstellung behandelt werden.

Betonbau s. Eisenbetonbau.

Bevölkerungslehre. Von Professor Dr. Max Haushofer. (Nr. 50.)
Will in gedrängter Form das Wesentliche der Bevölkerungslehre geben über Ermittlung der Volkszahl, über Gliederung und Bewegung der Bevölkerung, Verhältnis der Bevölkerung zum bewohnten Boden und die Ziele der Bevölkerungspolitik.

——— s. a. Kolonisation.

Bibel. Der Text des Neuen Testamentes nach seiner geschichtlichen Entwicklung. Von Div.-Pfarrer August Pott. Mit 8 Tafeln. (Nr. 134.)
Will in die das allgemeine Interesse an der Textkritik bekundende Frage: „Ist der ursprüngliche Text des Neuen Testamentes überhaupt noch herzustellen?" durch die Erörterung der Verschiedenheiten des Luthertextes (des früheren, revidierten und durchgesehenen) und seines Verhältnisses zum heutigen (deutschen) „berichtigten" Text, einführen, den „ältesten Spuren des Textes" nachgehen, eine „Einführung in die Handschriften" wie die „ältesten Übersetzungen" geben und in „Theorie und Praxis" zeigen, wie der Text berichtigt und rekonstruiert wird.

——— s. a. Jesus; Religion.

Bildungswesen. Das deutsche Bildungswesen in seiner geschichtlichen Entwickelung. Von weil. Professor Dr. Friedrich Paulsen. (Nr. 100.)
Auf beschränktem Raum löst der Verfasser die schwierige Aufgabe, indem er das Bildungswesen stets im Rahmen der allgemeinen Kulturbewegung darstellt, so daß die gesamte Kultur-

entwicklung unseres Volkes in der Darstellung seines Bildungswesens wie in einem verkleinerten Spiegelbild zur Erscheinung kommt. So wird aus dem Büchlein nicht nur für die Erkenntnis der Vergangenheit, sondern auch für die Forderungen der Zukunft reiche Frucht erwachsen.

Bildungswesen. Das moderne Volksbildungswesen. Bücher- und Lesehallen, Volkshochschulen und verwandte Bildungseinrichtungen in den wichtigsten Kulturländern in ihrer Entwicklung seit der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts. Von Dr. **Gottlieb Fritz**, Stadtbibliothekar von Charlottenburg. (Nr. 266.)
Gibt auf Grund reichen statistischen Materials eine in dieser Vollständigkeit noch nicht vorhandene Darstellung des für den Aufschwung des geistigen Lebens der modernen Kulturvölker so wichtigen Volksbildungswesens von der englisch-amerikanischen Volkshochschul- und Universitätsausdehnungsbewegung an bis zur Bücherhallenbewegung und ähnlichen Bestrebungen in den Ländern deutscher Zunge.

——— s. a. Erziehung; Hilfsschulwesen; Hochschulen; Knabenhandarbeit; Mädchenschule; Pädagogik; Schulwesen; Student; Universität.

Biologie s. a. Abstammungslehre; Ameisen; Bakterien; Befruchtungsvorgang; Fortpflanzung; Leben; Meeresforschung; Organismen; Pflanzen; Plankton; Tierleben.

Björnson s. Ibsen.

Botanik s. Kaffee; Obstbau; Pflanzen; Wald.

Buchgewerbe. Das Buchgewerbe und die Kultur. Sechs Vorträge gehalten im Auftrage des Deutschen Buchgewerbevereins. Mit 1 Abbildung. (Nr. 182.)
Inhalt: Buchgewerbe und Wissenschaft: Professor Dr. **Rudolf Focke.** — Buchgewerbe und Literatur: Professor Dr. **Georg Witkowski.** — Buchgewerbe und Kunst: Professor Dr. **Rudolf Kautzsch.** — Buchgewerbe und Religion: Privatdozent Lic. Dr. **Heinrich Hermelink.** — Buchgewerbe und Staat: Professor Dr. **Robert Wuttke.** — Buchgewerbe und Volkswirtschaft: Professor Dr. **Heinrich Waentig.**
Die Vorträge sollen zeigen, wie das Buchgewerbe nach allen Seiten mit sämtlichen Gebieten deutscher Kultur durch tausend Fäden verknüpft ist, wie in ihm sich besonders eng die ideellen und materiellen Bestrebungen und Grundlagen unseres nationalen Lebens miteinander verbinden. Sie wollen nicht nur bei den Angehörigen dieses seit alters her bevorzugten und geistig hochstehenden Gewerbes neue Freude am Beruf erwecken und erhalten, sondern vor allem auch unter den mit ihm in Berührung kommenden Vertretern gelehrter und anderer Berufe verständnisvolle Freunde für seine Eigenart erwerben helfen. In diesem Sinne werden die wichtigsten großen Kulturgebiete behandelt. Der erste Vortrag, über das Buchgewerbe und die Wissenschaft von Prof. Dr. R. Focke, dient zugleich als Einleitung in Geist und Absicht der ganzen Reihe, und daran schließen sich dann in naturgemäßer Folge die Beziehungen zur Literatur von Prof. Dr. G. Witkowski, zur Kunst von Prof. Dr. R. Kautzsch, zur Religion von Privatdozenten Dr. H. Hermelink, zum Staat von Prof. Dr. R. Wuttke und zur Volkswirtschaft von Prof. Dr. H. Waentig.

——— Wie ein Buch entsteht. Von Professor **Arthur W. Unger.** 2. Auflage. Mit 7 Tafeln und 26 Abbildungen. (Nr. 175.)
Eine zusammenhängende für weitere Kreise berechnete Darstellung über Geschichte, Herstellung und Vertrieb des Buches mit eingehender Behandlung sämtlicher buchgewerblicher Techniken. Damit will das Buch namentlich auch denen, die als „Autoren" oder in irgendeiner anderen näheren Beziehung zur Herstellung des Buches stehen, Anleitung und Belehrung über das umfassende so außerordentlich interessante Gebiet der graphischen Künste, über Ausstattung, Papier, Satz, Illustration, Druck und Einband des Buches geben. Der praktische Wert dieses Bändchens wird erhöht durch zahlreiche Beigaben von Papier-, Schrift- und Illustrationsproben.

——— s. a. Illustrationskunst; Schriftwesen.

Buddha. Leben und Lehre des Buddha. Von Professor Dr. **Richard Pischel.** Mit 1 Tafel. (Nr. 109.)
Gibt eine wissenschaftlich begründete durchaus objektive Darstellung des Buddhismus, dieser so oft mit dem Christentum verglichenen Lehre, die von den einen auf Kosten des Christentums verherrlicht wird, während die anderen die Lehre Buddhas weit tiefer als dieses stellen. Einer Übersicht über die Zustände Indiens zur Zeit des Buddha folgt eine Darstellung des

Christentum. Aus der Werdezeit des Christentums. Studien und Charakteristiken. Von Professor Dr. Johannes Geffcken. (Nr. 54.)
Gibt durch eine Reihe von Bildern eine Vorstellung von der Stimmung im alten Christentum und von seiner inneren Kraft und verschafft so ein Verständnis für die ungeheure und vielseitige welthistorische kultur- und religionsgeschichtliche Bewegung.

——— s. a. Bibel; Calvin; Jesus; Luther; Mystik; Religion.

Dampf und Dampfmaschine. Von Professor Richard Vater. 2 Auflage. Mit 45 Abbildungen. (Nr. 63.)
Schildert die inneren Vorgänge im Dampfkessel und namentlich im Zylinder der Dampfmaschine, um so ein richtiges Verständnis des Wesens der Dampfmaschine und der in der Dampfmaschine sich abspielenden Vorgänge zu ermöglichen.

Darwinismus s. Abstammungslehre.

Deutschland s. Dorf; Fürstentum; Geschichte; Handel; Kolonien; Kolonisation; Landwirtschaft; Verfassung; Volksstämme; Weltwirtschaft; Wirtschaftsgeschichte.

Dorf. Das deutsche Dorf. Von Robert Mielke. Mit 51 Abb. (Nr. 192.)
Schildert, von den Anfängen der Siedelungen in Deutschland ausgehend, wie sich mit dem Wechsel der Wohnsitze die Gestaltung des Dorfes änderte, wie mit neuen wirtschaftlichen, politischen und kulturellen Verhältnissen das Bild immer reicher wurde, bis sie im Anfange des 19. Jahrhunderts ein fast wunderbares Mosaik ländlicher Siedelungstypen darstellte, und bringt so, von der geographischen Grundlage als wichtigerem Faktor in der Entwicklung des Dorfes, seiner Häuser, Gärten und Straßen ausgehend, politische, wirtschaftliche und künstlerische Gesichtspunkte gleichmäßig zur Geltung, durch ein Kapitel über die Kultur des Dorfes die durch zahlreiche Abbildungen belebte Schilderung ergänzend.

——— s. a. Kolonisation.

Drama. Das deutsche Drama des neunzehnten Jahrhunderts. In seiner Entwicklung dargestellt von Professor Dr. Georg Witkowski. 2. Auflage. Mit einem Bildnis Hebbels. (Nr. 51.)
Sucht in erster Linie auf historischem Wege das Verständnis des Dramas der Gegenwart anzubahnen und berücksichtigt die drei Faktoren, deren jeweilige Beschaffenheit die Gestaltung des Dramas bedingt: Kunstanschauung, Schauspielkunst und Publikum.

——— s. a. Hebbel; Ibsen; Schiller; Shakespeare; Theater.

Dürer. Albrecht Dürer. Von Dr. Rudolf Wustmann. Mit 33 Abbildungen. (Nr. 97.)
Eine schlichte und knappe Erzählung des gewaltigen menschlichen und künstlerischen Entwicklungsganges Albrecht Dürers und eine Darstellung seiner Kunst, in der nacheinander seine Selbst- und Angehörigenbildnisse, die Zeichnungen zur Apokalypse, die Darstellungen von Mann und Weib, das Marienleben, die Stiftungsgemälde, die Radierungen von Rittertum, Trauer und Heiligkeit sowie die wichtigsten Werke aus der Zeit der Reise behandelt werden.

Ehe. Ehe u. Eherecht. Von Professor Dr. Ludwig Wahrmund. (Nr. 115.)
Schildert in gedrängter Fassung die historische Entwicklung des Ehebegriffes von den orientalischen und klassischen Völkern an nach seiner natürlichen, sittlichen und rechtlichen Seite und untersucht das Verhältnis von Staat und Kirche auf dem Gebiete des Eherechtes, behandelt darüber hinaus aber auch alle jene Fragen über die rechtliche Stellung der Frau und besonders der Mutter, die immer lebhafter die öffentliche Meinung beschäftigen.

Eisenbahnen. Die Eisenbahnen, ihre Entstehung und gegenwärtige Verbreitung. Von Professor Dr. Friedrich Hahn. Mit zahlreichen Abbildungen und einer Doppeltafel. (Nr. 71.)
Nach einem Rückblick auf die frühesten Zeiten des Eisenbahnbaues führt der Verfasser die moderne Eisenbahn im allgemeinen nach ihren Hauptmerkmalen vor. Der Bau des Bahnkörpers, der Tunnel, die großen Brückenbauten sowie der Betrieb selbst werden besprochen, schließlich ein Überblick über die geographische Verbreitung der Eisenbahnen gegeben.

Eisenbahnen. Die technische Entwicklung der Eisenbahnen der Gegenwart. Von Eisenbahnbau- und Betriebsinspektor Ernst Biedermann. Mit zahlreichen Abbildungen. (Nr. 144.)
Nach einem geschichtlichen Überblick über die Entwicklung der Eisenbahnen werden die wichtigsten Gebiete der modernen Eisenbahntechnik behandelt, Oberbau, Entwicklung und Umfang der Spurbahnnetze in den verschiedenen Ländern, die Geschichte des Lokomotivenwesens bis zur Ausbildung der Heißdampflokomotiven einerseits und des elektrischen Betriebes andererseits sowie der Sicherung des Betriebes durch Stellwerks- und Blockanlagen.
——— s. a. Internationalismus; Technik; Verkehrsentwicklung.

Eisenbetonbau. Der Eisenbetonbau. Von Diplom-Ingenieur Em. Haimovici. (Nr. 275.)
Gibt zum ersten Male eine fachmännische und dabei doch völlig allgemein verständliche Darstellung dieses jüngsten und interessanten Zweiges der Hochbautechnik, der schon jetzt erstaunliche Erfolge aufzuweisen hat und für den eine immer wachsende Bedeutung zu erwarten steht

Eisenhüttenwesen. Das Eisenhüttenwesen. Erläutert in acht Vorträgen von Geh. Bergrat Professor Dr. Hermann Wedding. 3. Auflage. Mit 15 Figuren. (Nr. 20.)
Schildert in gemeinfaßlicher Weise, wie Eisen, das unentbehrlichste Metall, erzeugt und in seine Gebrauchsformen gebracht wird. Besonders wird der Hochofenprozeß nach seinen chemischen, physikalischen und geologischen Grundlagen dargestellt und die Erzeugung der verschiedenen Eisenarten und die dabei in Betracht kommenden Prozesse erörtert.
——— s. a. Metalle.

Elektrochemie. Von Prof. Dr. Kurt Arndt. Mit zahlr. Abb. (Nr. 234.)
Legt in gemeinverständlicher Fassung die Grundsätze der Elektrochemie, des jüngsten und interessantesten Zweiges der chemischen Wissenschaft dar und gibt dann an der Hand zahlreicher Abbildungen ein anschauliches Bild der vielen auf ihr beruhenden Industriezweige, deren Betriebe viele Tausende von Arbeitern beschäftigen und ein Vermögen von zahllosen Millionen darstellen, wobei auch das neueste Verfahren zur Salpetersäuregewinnung aus der Luft Berücksichtigung findet.

Elektrotechnik. Grundlagen der Elektrotechnik. Von Dr. Rudolf Blochmann. Mit 128 Abbildungen. (Nr. 168.)
Eine durch lehrreiche Abbildungen unterstützte Darstellung der elektrischen Erscheinungen, ihrer Grundgesetze und ihrer Beziehungen zum Magnetismus sowie eine Einführung in das Verständnis der zahlreichen praktischen Anwendungen der Elektrizität in den Maschinen zur Krafterzeugung wie in der elektrischen Beleuchtung und in der Chemie.
——— Drähte und Kabel, ihre Anfertigung und Anwendung in der Elektrotechnik. Von Telegrapheninspektor H. Brick. Mit Abbildungen. (Nr. 285.)
Gibt, ohne auf technische Einzelheiten einzugehen, durch Illustrationen unterstützt, nach einer elementaren Darstellung der Theorie der Leitung, einen allgemein verständlichen Überblick über die Herstellung, Beschaffenheit und Wirkungsweise aller zur Übermittelung von elektrischem Strom dienenden Leitungen, das angewandte Material, die verschiedenen Isolierstoffe, über die Herstellung der blanken und isolierten Drähte, und der Schwach- und Starkstromkabel der verschiedensten Art, sowie endlich über die hierfür geltenden Lieferungsbedingungen und Abnahmeprüfungen, sowie die wichtigsten Anwendungsweisen von Drähten und Kabeln.
——— s. a. Beleuchtungsarten; Funkentelegraphie; Telegraphie.

Energie. Die Lehre von der Energie. Von Dr. Alfred Stein. (Nr. 257.)
Sucht in einfacher Weise eine Darstellung von der Einheitlichkeit zu vermitteln, die durch die Aufstellung des Energiebegriffs und des Energiegesetzes in unsere gesamte Naturauffassung gekommen ist, zeigt, daß man alle Zustände als Energieformen, alle Vorgänge als Energieumwandlungen betrachten kann, über denen als oberstes Gesetz das Energieprinzip in zweifacher Form waltet, als Gesetz der Erhaltung und als Gesetz des Geschehens und behandelt mit der historischen Entwicklung des Energieprinzips dessen Verhältnis zu der für unser Naturerkennen ja wichtigen mechanisch-atomistischen Naturauffassung.

England. Englands Weltmacht in ihrer Entwicklung vom 17. Jahrh. bis auf unsere Tage. Von Prof. Dr. Wilh. Langenbeck. Mit 19 Bildnissen. (Nr. 174.)
Schildert nach einem Überblick über das mittelalterliche England die Anfänge der englischen Kolonialpolitik im Zeitalter der Königin Elisabeth, die innere politische Entwicklung im 17. und 18. Jahrhundert, das allmähliche Aufsteigen zur Weltmacht, den gewaltigen wirtschaftlichen

und maritimen Aufschwung sowie den Ausbau des Kolonialreiches im 18. Jahrhundert und schließt mit einer Beleuchtung über den gegenwärtigen Stand und die mutmaßliche Zukunft des britischen Weltreiches.

Entdeckungen. Das Zeitalter der Entdeckungen. Von Professor Dr. Siegmund Günther. 2. Auflage. Mit einer Weltkarte. (Nr. 26.)
Mit lebendiger Darstellungsweise sind hier die großen weltbewegenden Ereignisse der geographischen Renaissancezeit ansprechend geschildert, von der Begründung der portugiesischen Kolonialherrschaft und den Fahrten des Kolumbus an bis zu dem Hervortreten der französischen, britischen und holländischen Seefahrer.

——— s. a. Polarforschung.

Erde. Aus der Vorzeit der Erde. Vorträge über allgemeine Geologie. Von Prof. Dr. Fritz Frech. In 5 Bänden. 2. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Nr. 207—211.)
In 5 Bänden wird eine vollständige Darstellung der Fragen der allgemeinen Geologie und physischen Erdkunde gegeben, wobei Übersichtstabellen die Fachausdrücke und die Reihenfolge der geologischen Perioden erläutern und auf neue, vorwiegend nach Originalphotographien angefertigte Abbildungen und auf anschauliche, lebendige Schilderung besonders Wert gelegt ist.

I. Band: Gebirgsbau und Vulkanismus. (Nr. 207.)
II. Band: Kohlenbildung und Klima der Vorzeit. (Nr. 208.)
III. Band: Die Arbeit des fließenden Wassers. Eine Einleitung in die physikalische Geologie. Mit 51 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln. (Nr. 209.)

Behandelt als eines der interessantesten und wichtigsten Gebiete der Geologie die nie ruhende, zerstörende und aufbauende Tätigkeit des fließenden Wassers, die Talbildung, die Arbeit der Wildbäche, die Karstphänomene, die Schlammvulkane und die Höhlenbildung, die Quellen, das Grundwasser und die bedingenden Ursachen der Bergstürze.

IV. Band: Die Arbeit des Ozeans und die chemische Tätigkeit des Wassers im allgemeinen. Mit 1 Titelbild und 51 Textabbildungen. (Nr. 210.)

Schildert den Vorgang der Bodenbildung durch Verwitterung und die ihn beherrschenden Gesetze im allgemeinen, sowie die Entstehung der Landschaftsformen des Mittelgebirges, sodann die Kräfte, welche die Bildung der Küsten, das Vordringen und Zurückweichen des Meeres, sowie der Oberflächengestaltung auf dem Grunde der Weltmeere beherrschen. Es folgt eine Schilderung des interessanten, vielumstrittenen Vorganges der Bildung von Korallenriffen und endlich eine allgemeine Übersicht über die Geographie der Ozeane in der geologischen Vorzeit, die mit einem Ausblick auf die Frage der Dauer oder Veränderlichkeit der großen Weltmeere schließt.

V. Band: Gletscher und Eiszeit. (Nr. 211.)

——— s. a. Alpen; Korallen; Mensch und Erde; Planeten; Weltall; Wirtschaftsgeschichte.

Erfindungswesen s. Gewerbe.

Ernährung. Ernährung und Volksnahrungsmittel. Sechs Vorträge von weil. Prof. Dr. Johannes Frentzel. 2. Aufl. Neu bearb. vom Geh. Rat Prof. Dr. N. Zuntz in Berlin. Mit 7 Abb. und 2 Tafeln. (Nr. 19.)
Gibt einen Überblick über die gesamte Ernährungslehre. Durch Erörterung der grundlegenden Begriffe werden die Zubereitung der Nahrung und der Verdauungsapparat besprochen und endlich die Herstellung der einzelnen Nahrungsmittel, insbesondere auch der Konserven behandelt.

——— s. a. Alkoholismus; Haushalt; Kaffee; Säugling.

Erziehung. Moderne Erziehung in Haus und Schule. Vorträge in der Humboldt-Akademie zu Berlin. Von Johannes Tews. (Nr. 159.)
Betrachtet die Erziehung als Sache nicht eines einzelnen Berufes, sondern der gesamten gegenwärtigen Generation, zeichnet scharf die Schattenseiten der modernen Erziehung und zeigt Mittel und Wege für eine allseitige Durchdringung des Erziehungsproblems.

——— s. a. Bildungswesen; Fortbildungsschulwesen; Jugendfürsorge; Kind (Psychologie); Knabenhandarbeit; Pädagogik; Schulwesen; Student.

Evolutionismus s. Lebensanschauungen.

Farben s. Licht.

Fernsprechtechnik s. Telegraphie.

Fortbildungsschulwesen. Das deutsche Fortbildungsschulwesen. Von Dr. Friedrich Schilling. (Nr. 256.)
Aufgabe und Ausgestaltung aller Arten von Fortbildungsschulen, insbesondere der gewerblichen und kaufmännischen sowie der ländlichen, werden fachmännisch gewürdigt und Richtlinien für einen konsequenten Weiterbau scharf und sicher gezeichnet. Daher ermöglicht das Werk einen verständnisvollen Überblick über die zurzeit bestehenden gesetzlichen Festlegungen und die geschaffenen praktischen Maßnahmen, wie auch über die sich durchringenden Reformideen.

Fortpflanzung. Die Fortpflanzung der Tiere. Von Privatdozent Dr. Richard Goldschmidt. Mit 77 Abbildungen. (Nr. 253.)
Sucht einen Überblick über die unter den Tatsachen der Biologie wechselvollsten und oft überraschendsten Fortpflanzungserscheinungen in allen Gruppen sowie eine anschauliche Schilderung einzelner besonders anziehender Vorgänge zu geben, indem nach einer allgemeinen Einleitung über Fortpflanzung und Organisation die verschiedenen Formen der tierischen Fortpflanzung, ungeschlechtliche Vermehrung, geschlechtliche Fortpflanzung sowie gemischte Fortpflanzungsweise, weiterhin die zur Erhaltung und Verbreitung der Nachkommenschaft vorhandenen Schutzmittel.

Frankreich s. Napoleon.

Frauenarbeit. Die Frauenarbeit, ein Problem des Kapitalismus. Von Privatdozent Dr. Robert Wilbrandt. (Nr. 106.)
Das Thema wird als eine der brennendsten Fragen behandelt, die uns durch den Kapitalismus aufgegeben worden sind, und behandelt von dem Verhältnis von Beruf und Mutterschaft aus, als dem zentralen Problem der ganzen Frage, die Ursachen der niedrigen Bezahlung der weiblichen Arbeit, die daraus entstehenden Schwierigkeiten in der Konkurrenz der Frauen mit den Männern, den Gegensatz von Arbeiterinnenschutz und Befreiung der weiblichen Arbeit.

Frauenbewegung. Die moderne Frauenbewegung. Ein geschichtlicher Überblick. Von Dr. Käthe Schirmacher. (Nr. 67.)
Gibt einen Überblick über die Haupttatsachen der modernen Frauenbewegung in allen Ländern und schildert eingehend die Bestrebungen der modernen Frau auf dem Gebiet der Bildung, der Arbeit, der Sittlichkeit, der Soziologie und Politik.

Frauenkrankheiten. Gesundheitslehre für Frauen. In acht Vorträgen. Von weil. Privatdozent Dr. Roland Sticher. Mit 13 Abbildungen. (Nr. 171.)
Eine Gesundheitslehre für Frauen, die über die Anlage des weiblichen Organismus und seine Pflege unterrichtet, zeigt, wie diese bereits im Kindesalter beginnen muß, welche Bedeutung die allgemeine körperliche und geistige Hygiene insbesondere in der Zeit der Entwicklung hat, um sich dann eingehend mit dem Beruf der Frau als Gattin und Mutter zu beschäftigen.
——— s. a. Geschlechtskrankheiten.

Frauenleben. Deutsches Frauenleben im Wandel der Jahrhunderte. Von Dir. Dr. Eduard Otto. 2. verb. Aufl. Mit 27 Abbildungen im Text. (Nr. 45.)
Gibt ein Bild des deutschen Frauenlebens von der Urzeit bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts, von Denken und Fühlen, Stellung und Wirksamkeit der deutschen Frau, wie sie sich im Wandel der Jahrhunderte darstellt.

Friedensbewegung. Die moderne Friedensbewegung. Von Alfred H. Fried. (Nr. 157.)
Entwickelt das Wesen und die Ziele der Friedensbewegung, gibt dann eine Darstellung der Schiedsgerichtsbarkeit in ihrer Entwicklung und ihrem gegenwärtigen Umfang mit besonderer Berücksichtigung der hohen Bedeutung der Haager Friedenskonferenz, beschäftigt sich hierauf mit dem Abrüstungsproblem und gibt zum Schluß einen eingehenden Überblick über die Geschichte der Friedensbewegung und eine chronologische Darstellung der für sie bedeutsamen Ereignisse.
——— s. a. Recht.

Friedrich der Große. Sechs Vorträge von Privatdozent Theodor Bitterauf. Mit 2 Bildnissen. (Nr. 246.)
Schildert in knapper, wohldurchdachter, durch charakteristische Selbstzeugnisse und authentische Äußerungen bedeutender Zeitgenossen belebter Darstellung des großen Königs Leben und Wirken, das den Grund gelegt hat für die ganze spätere geschichtliche und kulturelle Entwicklung Deutschlands.

Fröbel. Friedrich Fröbel. Sein Leben und sein Wirken. Von Adele von Portugall. Mit 5 Tafeln. (Nr. 82.)

Lehrt die grundlegenden Gedanken der Methode Fröbels kennen und gibt einen Überblick seiner wichtigsten Schriften mit Betonung aller jener Kernaussprüche, die treuen und oft ratlosen Müttern als Wegweiser in Ausübung ihres hehrsten und heiligsten Berufes dienen können.

Funkentelegraphie. Die Funkentelegraphie. Von Oberpostpraktikanten H. Thurn. Mit 53 Illustrationen. (Nr. 167.)
Nach einer Übersicht über die elektrischen Vorgänge bei der Funkentelegraphie und einer eingehenden Darstellung des Systems Telefunken werden die für die verschiedenen Anwendungsgebiete erforderlichen einzelnen Konstruktionstypen vorgeführt, (Schiffsstationen, Landstationen, Militärstationen und solche für den Eisenbahndienst), wobei nach dem neuesten Stand von Wissenschaft und Technik in jüngster Zeit ausgeführte Anlagen beschrieben werden. Danach wird der Einfluß der Funkentelegraphie auf Wirtschaftsverkehr und das Wirtschaftsleben (im Handels- und Kriegsseeverkehr, für den Heeresdienst, für den Wetterdienst usw.) sowie im Anschluß daran die Regelung der Funkentelegraphie im deutschen und internationalen Verkehr erörtert.

Fürsorgewesen s. Jugendfürsorge.

Fürstentum. Deutsches Fürstentum und deutsches Verfassungswesen. Von Professor Dr. Eduard Hubrich. (Nr. 80.)
Der Verfasser zeigt in großen Umrissen den Weg, auf dem deutsches Fürstentum und deutsche Volksfreiheit zu dem in der Gegenwart geltenden wechselseitigen Ausgleich gelangt sind, unter besonderer Berücksichtigung der preußischen Verfassungsverhältnisse, wobei nach kürzerer Beleuchtung der älteren Verfassungszustände der Verfasser die Begründung des fürstlichen Absolutismus und demgegenüber das Erwachen, Fortschreiten und Siegen des modernen Konstitutionalismus eingehend bis zur Entstehung der preußischen Verfassung und zur Begründung des Deutschen Reiches schildert.

——— s. a. Geschichte; Verfassung.

Gartenkunst. Geschichte der Gartenkunst. Von Bauinspektor Reg.-Baumeister Rand. (Nr. 274.)
Gibt in gedrängter Form einen Abriß der Geschichte des Gartens als Kunstwerk, indem der Garten im Altertum und im Mittelalter, der Garten der italienischen Renaissance, der französische Garten der Zeit Ludwigs XIV. und der Landschaftsgarten des 18. und 19. Jahrhunderts und endlich die modernen Bestrebungen, die Haus und Garten wieder zu einem einheitlichen Kunstwerk vereinigen wollen, durch reiche Illustrationen unterstützt, dargestellt werden.

Gartenstadtbewegung. Die Gartenstadtbewegung. Von Generalsekr. Hans Kampffmeyer. Mit 43 Abbildungen. (Nr. 259.)
Bietet eine zusammenfassende, auf gründlichem Studium der englischen Verhältnisse aufgebaute Darstellung der Gartenstadtbewegung, indem es im Anschluß an eine allgemeine volkswirtschaftliche Einführung die Geschichte der Bewegung gibt, sodann die praktischen Einzelfragen, die bei der Verwirklichung des Gartenstadtgedankens Berücksichtigung verdienen, ferner die Bedeutung der Bewegung für Volkswirtschaft, Volksgesundheit, Kunst u. dergl. erörtert und zum Schluß an der Hand von Beispielen die Aussichten der deutschen Gartenstadtbewegung bespricht.

Gasmaschinen s. Automobil; Wärmekraftmaschinen.

Gehirn s. Geistesleben.

Geisteskrankheiten. Von Anstaltsoberarzt Dr. Georg Ilberg. (Nr. 151.)
Erörtert das Wesen der Geisteskrankheiten und an eingehend zur Darstellung gelangenden Beispielen die wichtigsten Formen geistiger Erkrankung, um so ihre Kenntnis zu fördern, die richtige Beurteilung der Zeichen geistiger Erkrankung und damit eine rechtzeitige verständnisvolle Behandlung derselben zu ermöglichen.

Geistesleben. Die Mechanik des Geisteslebens. Von Professor Dr. Max Verworn. Mit 11 Figuren. (Nr. 200.)
Will unsere modernen Erfahrungen und Anschauungen über das physiologische Geschehen, das sich bei den Vorgängen des Geisteslebens in unserem Gehirn abspielt, in großen Zügen verständlich machen, indem es die Dinge mit den Begriffen und den Vergleichen des täglichen Lebens schildert. So wird im ersten Abschnitt: „Leib und Seele“ der Standpunkt einer monistischen Auffassung der Welt, die in einem streng wissenschaftlichen Konditionismus zum Ausdruck kommt, erörtert, im zweiten: „Die Vorgänge in den Elementen des Nervensystems“ ein Einblick in die Methodik zur Erforschung der physiologischen Vorgänge in denselben sowie ein Überblick über ihre Ergebnisse, im dritten: „Die Bewußtseinsvorgänge“ eine Analyse des Empfindens, Vorstellens, Denkens und Wollens unter Zurückführung dieser Tätigkeiten auf

die Vorgänge in den Elementen des Nervensystems gegeben. Der vierte und fünfte Abschnitt beschäftigt sich in analoger Weise mit den Vorgängen des „Schlafes und Traumes“ und den scheinbar so geheimnisvollen Tatsachen der „Hypnose und Suggestion“.

Geistesleben s. a. Bildungswesen; Buchgewerbe; Byzanz; Christentum; Mensch; Philosophie; Religion.

Genossenschaftswesen s. Konsumgenossenschaften.

Geographie s. Alpen; Dorf; Entdeckungen; Japan; Kolonien; Mensch; Orient; Palästina; Polarforschung; Städte; Volksstämme; Wirtschaftsleben.

Geologie s. Alpen; Erde; Korallen.

Germanen. Germanische Kultur in der Urzeit. Von Professor Dr. Georg Steinhausen. Mit 17 Abbildungen. (Nr. 75.)
Das Büchlein beruht auf eingehender Quellenforschung und gibt in fesselnder Darstellung einen Überblick über germanisches Leben von der Urzeit bis zur Berührung der Germanen mit der römischen Kultur.

——— German. Mythologie. Von Dr. Julius v. Negelein. (Nr. 95.)
Der Verfasser gibt ein Bild germanischen Glaubenslebens, indem er die Äußerungen religiösen Lebens namentlich auch im Kultus und in den Gebräuchen des Aberglaubens aufsucht, sich überall bestrebt, das zugrunde liegende psychologische Motiv zu entdecken, die verwirrende Fülle mythischer Tatsachen und einzelner Namen aber demgegenüber zurücktreten läßt.

Geschichte. Politische Hauptströmungen in Europa im 19. Jahrhundert. Von Professor Dr. Karl Theodor v. Heigel. (Nr. 129.)
Bietet eine knappe Darstellung der wichtigsten politischen Ereignisse vom Ausbruche der französischen Revolution bis zum Ausgang des 19. Jahrhunderts, womit eine Schilderung der politischen Ideen Hand in Hand geht, und wobei überall Ursache und Wirkung, d. h. der innere Zusammenhang der einzelnen Vorgänge, dargelegt, auch Sinnesart und Taten wenigstens der einflußreichsten Persönlichkeiten gewürdigt werden.

——— Von Luther zu Bismarck. 12 Charakterbilder aus deutscher Geschichte. Von Professor Dr. Ottokar Weber. 2 Bände. (Nr. 123. 124.)
Ein knappes und doch eindrucksvolles Bild der nationalen und kulturellen Entwicklung der Neuzeit, das aus den vier Jahrhunderten je drei Persönlichkeiten herausgreift, die bestimmend eingegriffen haben in den Werdegang deutscher Geschichte. Der große Reformator, Regenten großer und kleiner Staaten, Generale, Diplomaten kommen zu Wort. Was Martin Luther einst geträumt: ein nationales deutsches Kaiserreich, unter Bismarck steht es begründet da.

——— 1848. Sechs Vorträge von Professor Dr. Ottokar Weber. (Nr. 53.)
Will eine richtige Abschätzung des „tollen Jahres“ in seiner geschichtlichen Bedeutung ermöglichen, der schmachvollen und doch so berauschend schönen Zeit jenes Völkerfrühlings, in der alle Menschen Brüder schienen und die „monotone Welt des Schlendrians“ wie von einem elektrischen Strome getroffen wurde, indem es in kritischer Darstellung die Beweggründe der einzelnen Stände klarzustellen, den rechts und links auftretenden Extremen gerecht zu werden sucht und besonders den großartigen deutschnationalen Aufschwung jenes Jahres hervorhebt.

——— Restauration und Revolution. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Professor Dr. Richard Schwemer. (Nr. 37.)

——— Die Reaktion und die neue Ära. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der Gegenwart. Von Professor Dr. Richard Schwemer. (Nr. 101.)

——— Vom Bund zum Reich. Neue Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Professor Dr. Richard Schwemer. (Nr. 102.)
Die 3 Bände geben zusammen eine in Auffassung und Darstellung durchaus eigenartige Geschichte des deutschen Volkes im 19. Jahrhundert. „Restauration und Revolution“ behandelt das Leben und Streben des deutschen Volkes in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, von dem ersten Aufleuchten des Gedankens des nationalen Staates bis zu dem tragischen Fehlschlagen aller Hoffnungen in der Mitte des Jahrhunderts. „Die Reaktion und die neue Ära“, beginnend mit der Zeit der Ermattung nach dem großen Aufschwung von 1848, stellt in den Mittelpunkt des Prinzen von Preußen und Otto von Bismarcks Schaffen. „Vom Bund zum Reich“ zeigt uns Bismarck mit sicherer Hand die Grundlage des Reiches vorbereitend und dann immer entschiedener allem Geschehenen das Gepräge seines Geistes verleihend.

Geschichte s. a. Amerika; Bildungswesen; Byzanz; Calvin; Deutschland; Dorf; England; Entdeckungen; Frauenleben; Friedrich der Große; Fürstentum; Germanen; Handel; Japan; Jesuiten; Ingenieurtechnik; Kalender; Kriegswesen; Kultur; Kunst; Literaturgeschichte; Luther; Münze; Musik; Napoleon; Österreich; Palästina; Philosophie; Pompeji; Rom; Schulwesen; Soziale Bewegungen; Städtewesen; Student; Theater; Uhr; Verfassung; Volkssage; Volksstämme; Wirtschaftsgeschichte.

Geschlechtskrankheiten. Die Geschlechtskrankheiten, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Bekämpfung und Verhütung. Für die Gebildeten aller Stände bearbeitet von Generaloberarzt Professor Dr. Wilhelm Schumburg. Mit Figuren und Tafeln. (Nr. 251.)
Gibt in sachlicher, aber rückhaltlos offener Darlegung ein Bild von dem Wesen der Geschlechtskrankheiten, von ihren Erregern, den verschiedenartigen Wegen, die sie im Körper einschlagen und den Schäden, die sich an ihre Fersen heften, erörtert nach statistischen Angaben über die Verbreitung der Geschlechtskrankheiten ausführlich ihre Bekämpfung und Verhütung, mit besonderer Rücksicht auf das gefährliche Treiben der Prostitution und der Kurpfuscher, die persönlichen Schutzmaßregeln sowie die Aussichten auf erfolgreiche Behandlung.

Gesundheitslehre. Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre. Von Professor Dr. H. Buchner. 3. durchgesehene Auflage, besorgt von Professor Dr. M. Gruber. Mit zahlreichen Textabbildungen. (Nr. 1.)
In klarer und überaus fesselnder Darstellung unterrichtet der Verfasser über die äußeren Lebensbedingungen des Menschen, über das Verhältnis von Luft, Licht und Wärme zum menschlichen Körper, über Kleidung und Wohnung, Bodenverhältnisse und Wasserversorgung, die Krankheiten erzeugenden Pilze und die Infektionskrankheiten, kurz über die wichtigsten Fragen der Hygiene.

——— s. a. Alkoholismus; Anatomie; Arzt; Auge; Bakterien; Ernährung; Frauenkrankheiten; Geisteskrankheiten; Geschlechtskrankheiten; Gymnastik; Haushalt; Heilwissenschaft; Heizung (und Lüftung); Hypnotismus; Krankenpflege; Mensch; Nervensystem; Säugling; Schulhygiene; Stimme; Tuberkulose; Zahnpflege.

Gewerbe. Der gewerbliche Rechtsschutz in Deutschland. Von Patentanwalt Bernhard Tolksdorf. (Nr. 138.)
Nach einem allgemeinen Überblick über Entstehung und Entwicklung des gewerblichen Rechtsschutzes und einer Bestimmung der Begriffe Patent und Erfindung wird zunächst das deutsche Patentrecht behandelt, wobei der Gegenstand des Patentes, der Patentberechtigte, das Verfahren in Patentsachen, die Rechte und Pflichten des Patentinhabers, das Erlöschen des Patentrechtes und die Verletzung und Anmaßung des Patentschutzes erörtert werden. Sodann wird das Muster- und Warenzeichenrecht dargestellt und dabei besonders Art und Gegenstand der Muster, ihre Nachbildung, Eintragung, Schutzdauer und Löschung klargelegt. Ein weiterer Abschnitt befaßt sich mit den internationalen Verträgen und dem Ausstellungsschutz. Zum Schlusse wird noch die Stellung der Patentanwälte besprochen.

——— s. a. Buchgewerbe; Pflanzen; Sprengstoffe; Technik; Uhr.

Griechenland s. Altertum.

Gymnastik s. Gesundheitslehre; Turnen.

Handel. Geschichte des deutschen Handels. Von Professor Dr. W. Langenbeck. (Nr. 237.)
Führt den Leser von den primitiven prähistorischen Anfängen bis zu der heutigen Weltmachtstellung des deutschen Handels, indem es zugleich durch stete Aufweisung der bestimmenden Bedingungen und Kräfte eine klare Einsicht in den Gang dieser weittragenden Entwicklung und in die heutige Struktur unseres weitverzweigten Welthandels als deren Resultat vermittelt. Dabei tritt in der Neuzeit zunächst die allmähliche Verdrängung vom Welthandel, die Hemmung in der Entwicklung des Binnenhandels infolge der territorialen Zersplitterung hervor, dann aber mündet die Darstellung aus in den durch das allmähliche Erstarken einzelner Seehandelsplätze und durch die Wirtschaftspolitik des brandenburgisch-preußischen Staates vorbereiteten gewaltigen Aufschwung im 19. Jahrhundert, der endlich in der Wirtschaftspolitik des Deutschen Reiches seine Krönung findet.

Handel. Geschichte des Welthandels. Von Oberlehrer Dr. Max Georg Schmidt. (Nr. 118.)
Eine zusammenfassende Übersicht der Entwicklung des Handels führt von dem Altertum an über das Mittelalter, in dem Konstantinopel, seit den Kreuzzügen Italien und Deutschland den Weltverkehr beherrschen, zur Neuzeit, die mit der Auffindung des Seewegs nach Indien und der Entdeckung Amerikas beginnt und bis zur Gegenwart, in der auch der deutsche Kaufmann nach dem alten Hansawort „Mein Feld ist die Welt" den ganzen Erdball erobert.

——— s. a. Altertum; Amerika; Konsumgenossenschaft; Weltwirtschaft; Wirtschaftsgeschichte.

Handfertigkeit s. Knabenhandarbeit.

Handwerk. Das deutsche Handwerk in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Direktor Dr. Eduard Otto. 3. Auflage. Mit 27 Abbildungen auf 8 Tafeln. (Nr. 14.)
Eine Darstellung der Entwicklung des deutschen Handwerks bis in die neueste Zeit, der großen Umwälzung aller wirtschaftlichen Verhältnisse im Zeitalter der Eisenbahnen und Dampfmaschinen und der Handwerkerbewegungen des 19. Jahrhunderts wie des älteren Handwerkslebens, seiner Sitten, Bräuche und Dichtung.

Haus. Das deutsche Haus und sein Hausrat. Von Professor Dr. Rudolf Meringer. Mit 106 Abbildungen. (Nr. 116.)
Das Buch will das Interesse an dem deutschen Haus, wie es geworden ist, fördern; mit zahlreichen künstlerischen Illustrationen ausgestattet, behandelt es nach dem „Herdhaus" das oberdeutsche Haus, führt dann anschaulich die Einrichtung der für dieses charakteristischen Stube, den Ofen, den Tisch, das Eßgerät vor und gibt einen Überblick über die Herkunft von Haus und Hausrat.

——— Kulturgeschichte des deutschen Bauernhauses. Von Regierungsbaumeister a. D. Christian Ranck. Mit 70 Abbildungen. (Nr. 121.)
Der Verfasser führt den Leser in das Haus des germanischen Landwirtes und zeigt dessen Entwicklung, wendet sich dann dem Hause der skandinavischen Bauern zu, um hierauf die Entwicklung des deutschen Bauernhauses während des Mittelalters darzustellen und mit einer Schilderung der heutigen Form des deutschen Bauernhauses zu schließen.

——— s. a. Baukunst; Eisenbetonbau; Gartenkunst; Kunst; Städtewesen.

Haushalt. Die Naturwissenschaften im Haushalt. Von Dr. Johannes Bongardt. In 2 Bänden. Mit zahlreichen Abbildungen. (Nr. 125. 126.)

I. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie?
II. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung?

Selbst gebildete Hausfrauen können sich Fragen nicht beantworten wie die, weshalb sie z. B. kondensierte Milch auch in der heißen Zeit in offenen Gefäßen aufbewahren können, weshalb sie hartem Wasser Soda zusetzen, weshalb Obst im kupfernen Kessel nicht erkalten soll. Da soll hier an der Hand einfacher Beispiele, unterstützt durch Experimente und Abbildungen, das naturwissenschaftliche Denken der Leserinnen so geschult werden, daß sie befähigt werden, auch solche Fragen selbst zu beantworten, die das Buch unberücksichtigt läßt.

——— Chemie in Küche und Haus. Von weil. Professor Dr. Gustav Abel. 2. Auflage besorgt von Dr. Joseph Klein. Mit einer mehrfarbigen Doppeltafel. (Nr. 76.)
Gibt eine für jedermann verständliche vollständige Übersicht und eingehende Belehrung über die Natur der mannigfachen in Küche und Haus sich vollziehenden Prozesse chemischer und physikalisch-chemischer Art, um dadurch vor allem für eine rationelle Auswahl und Zubereitung der täglichen Nahrung sowie für einen wirksamen Schutz vor Schädigungen und Vergiftungen Verständnis zu erwecken.

——— s. a. Bakterien; Heizung (und Lüftung); Kaffee.

Haustiere. Die Stammesgeschichte unserer Haustiere. Von Professor Dr. Carl Keller. Mit 28 Abbildungen. (Nr. 252.)
Um über den Werdegang unserer tierischen Hausgenossen aufzuklären, wird nach einem geschichtlichen Überblick über die Wandlungen der Haustierforschung seit Linné an der Hand der prähistorischen Forschung nachgewiesen, wie schon zur neolithischen Zeit der Haustiererwerb mit solchem Erfolg einsetzte, daß der späteren historischen Zeit nur noch eine be-

scheidene Nachlese übrigblieb, wie dafür die gehobene Kultur die Rassen stark umgebildet hat; sodann werden für die älteren und jüngeren Haustiere, Hunde und Katzen, Pferde und Esel, Rinder, Ziegen und Schafe, Schweine und Kaninchen, wie Hühner und Tauben im einzelnen die Stammformen und die Bildungsformen aufgesucht sowie die Verbreitung der Rassen klargelegt.

Haydn s. Musik.

Hebbel. Friedrich Hebbel. Von Dr. Anna Schapire-Neurath. Mit einem Bildnis Hebbels. (Nr. 238.)
Gibt nach einer knappen Darstellung des Lebens- und Entwicklungsganges eine eindringende Analyse des Werkes und der Weltanschauung des großen deutschen Tragikers und bemüht sich, ohne harmonisierende Zusammenhänge zu konstruieren, die Persönlichkeit in ihrer vollen Wirklichkeit zu erfassen.

Hebezeuge. Das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper. Von Professor Richard Vater. Mit 67 Abbildungen. (Nr. 196.)
Will, ohne umfangreiche Kenntnisse auf dem Gebiet der Mechanik vorauszusetzen, an der Hand zahlreicher einfacher Skizzen das Verständnis für die Wirkung der Hebezeuge einem weiteren Kreise zugänglich machen. So werden die Hebe-Vorrichtungen fester, flüssiger und luftförmiger Körper nach dem neuesten Stand der Technik einer ausführlichen Betrachtung unterzogen, wobei wichtigere Abschnitte, wie: Hebel und schiefe Ebene, Druckwasserhebevorrichtungen, Zentrifugalpumpen, Gebläse usw. besonders eingehend behandelt sind.

Heilwissenschaft, Die moderne. Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. Edmund Biernacki. Deutsch von Badearzt Dr. S. Ebel. (Nr. 25.)
Will in den Inhalt des ärztlichen Wissens und Könnens von einem allgemeineren Standpunkte aus einführen, indem die geschichtliche Entwicklung der medizinischen Grundbegriffe, die Leistungsfähigkeit und die Fortschritte der modernen Heilkunst, die Beziehungen zwischen der Diagnose und der Behandlung der Krankheit sowie die Grenzen der modernen Diagnostik behandelt werden.

——— Der Aberglaube in der Medizin und seine Gefahr für Gesundheit und Leben. Von Professor Dr. D. von Hansemann. (Nr. 83.)
Behandelt alle menschlichen Verhältnisse, die in irgendeiner Beziehung zu Leben und Gesundheit stehen, besonders mit Rücksicht auf viele schädliche Arten des Aberglaubens, die geeignet sind, Krankheiten zu fördern, die Gesundheit herabzusetzen und auch in moralischer Beziehung zu schädigen.

——— s. a. Anatomie; Arzt; Auge; Bakterien; Frauenkrankheiten; Geisteskrankheiten; Gesundheitslehre; Hypnotismus; Krankenpflege; Nervensystem; Säugling; Schulhygiene; Zahnpflege.

Heizung und Lüftung. Von Ingenieur Johann Eugen Mayer. Mit 40 Abbildungen im Text. (Nr. 241.)
Will in allgemein-verständlicher Darstellung über die verschiedenen Lüftungs- und Heizungsarten menschlicher Wohn- und Aufenthaltsräume orientieren und zugleich ein Bild von der modernen Lüftungs- und Heizungstechnik geben, um dadurch Interesse und Verständnis für die dabei in Betracht kommenden, oft so wenig beachteten, aber in gesundheitlicher Beziehung so überaus wichtigen Gesichtspunkte zu erwecken.

Herbart. Herbarts Lehren und Leben. Von Pastor O. Flügel. Mit 1 Bildnisse Herbarts. (Nr. 164.)
Herbarts Lehre zu kennen, ist für den Philosophen wie für den Pädagogen gleich wichtig. Indes seine eigenartige Terminologie und Deduktionsweise erschwert das Einleben in seine Gedankengefilde. Flügel versteht es mit musterhaftem Geschick, der Interpret des Meisters zu sein, dessen Werdegang zu prüfen, seine Philosophie und Pädagogik gemeinverständlich darzustellen.

Hilfsschulwesen. Vom Hilfsschulwesen. Von Rektor Dr. B. Maennel. (Nr. 73.)
Es wird in kurzen Zügen eine Theorie und Praxis der Hilfsschulpädagogik gegeben. An Hand der vorhandenen Literatur und auf Grund von Erfahrungen wird nicht allein zusammengestellt, was bereits geleistet worden ist, sondern auch hervorgehoben, was noch der Entwicklung und Bearbeitung harrt.

——— s. a. Geisteskrankheiten; Jugendfürsorge.

Hochschulen s. a. Technische Hochschulen; Student.

Hypnotismus und Suggestion. Von Dr. Ernst Trömner. (Nr. 199.)
Bietet eine durchaus sachliche, von Vorurteil und Sensation gleichweit entfernte Darstellung der Lehre von Hypnotismus und Suggestion, indem die Geschichte des Hypnotismus und dessen Methodik, die Frage der Hypnotisierbarkeit, die vielfach wunderbaren Erscheinungen der Hypnose in ihren verschiedenen Graden und Erscheinungsformen, wie Somnambulismus, Autosuggestion usw., die psychologische Erklärung derselben und schließlich der Einfluß der Suggestion auf den wichtigsten Kultur- und Lebensgebieten wie Geistesstörung, Heilkunde, Verbrechen, Kunst, Erziehung behandelt werden.

Japan. Die Japaner und ihre wirtschaftliche Entwicklung. Von Prof. Dr. Karl Rathgen. (Nr. 72.)
Schildert auf Grund langjähriger eigener Erfahrungen in Japan Land und Leute, Staat und Wirtschaftsleben sowie die Stellung Japans im Weltverkehr und ermöglicht so ein wirkliches Verständnis für die staunenswerte (wirtschaftliche und politische) innere Neugestaltung des Landes in den letzten Jahrzehnten.

——— s. a. Kunst.

Ibsen. Henrik Ibsen, Björnstjerne Björnson und ihre Zeitgenossen. Von Professor Dr. B. Kahle. (Nr. 193.) Mit 7 Bildnissen auf 4 Tafeln.
In großen Zügen wird die Entwicklung und die Eigenart der beiden größten Dichter Norwegens dargestellt, einmal auf der Grundlage der Besonderheiten des norwegischen Volkes, andererseits im Zusammenhang mit den kulturellen Strömungen der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, durch die ergänzende Schilderung von 5 anderen norwegischen Dichtern (Lie, Kielland, Skram, Garborg, Hamsun) erweitert sich die Darstellung zu einem Bild der jüngsten geistigen Entwicklung des uns Deutschen so nahestehenden norwegischen Volkes.

Idealismus s. Lebensanschauungen; Rousseau.

Jesuiten. Die Jesuiten. Eine historische Skizze von Professor Dr. Heinrich Boehmer. 2. vermehrte Auflage. (Nr. 49.)
Ein Büchlein nicht für oder gegen, sondern über die Jesuiten, also der Versuch einer gerechten Würdigung des vielgenannten Ordens, das nicht nur von der sogenannten Jesuitenmoral oder von der Ordensverfassung, sondern auch von der Jesuitenschule, von den Leistungen des Ordens auf dem Gebiete der geistigen Kultur, von dem Jesuitenstaate usw. handelt.

Jesus. Die Gleichnisse Jesu. Zugleich Anleitung zu einem quellenmäßigen Verständnis der Evangelien. Von Lic. Prof. Dr. Heinrich Weinel. 2. Aufl. (Nr. 46.)
Will gegenüber kirchlicher und nichtkirchlicher Allegorisierung der Gleichnisse Jesu mit ihrer richtigen, wörtlichen Auffassung bekannt machen und verbindet damit eine Einführung in die Arbeit der modernen Theologie.

——— Jesus und seine Zeitgenossen. Von Pastor Karl Bonhoff. (Nr. 89.)
Die ganze Herbheit und köstliche Frische des Volkskindes, die hinreißende Hochherzigkeit und prophetische Überlegenheit des genialen Volksmannes, die reife Weisheit des Jüngerbildners und die religiöse Tiefe und Weite des Evangeliumverkünders von Nazareth wird erst empfunden, wenn man ihn in seinem Verkehr mit den ihn umgebenden Menschengestalten, Volks- und Parteigruppen zu verstehen sucht, wie es dieses Büchlein tun will.

——— Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu. Von Pfarrer D. Paul Mehlhorn. (Nr. 137.)
Will zeigen, was von dem im Neuen Testament uns überlieferten Leben Jesu als wirklicher Tatbestand festzuhalten, was als Sage oder Dichtung zu betrachten ist, durch Darlegung der Grundsätze, nach denen die Scheidung des geschichtlich Glaubwürdigen und der es umrankenden Phantasiegebilde vorzunehmen ist und durch Vollziehung der so gekennzeichneten Art chemischer Analyse an den wichtigsten Stoffen des „Lebens Jesu".

——— s. a. Bibel; Christentum; Religion.

Illustrationskunst. Die deutsche Illustration. Von Professor Dr. Rudolf Kautzsch. Mit 35 Abbildungen. (Nr. 44.)
Behandelt ein besonders wichtiges und lehrreiches Gebiet der Kunst und leistet zugleich, indem es an der Hand der Geschichte das Charakteristische der Illustration als Kunst zu erforschen sucht, ein gut Teil „Kunsterziehung".

——— s. a. Buchgewerbe.

Industrie, chemische, s. Elektrochemie; Pflanzen; Sprengstoffe; Technik.

Infinitesimalrechnung. Einführung in die Infinitesimalrechnung mit einer historischen Übersicht. Von Professor Dr. **Gerhard Kowalewski.** Mit 18 Fig. (Nr. 197.)
Bietet in allgemeinverständlicher Form eine Einführung in die Infinitesimalrechnung, ohne die heute eine streng wissenschaftliche Behandlung der Naturwissenschaften unmöglich ist, die nicht sowohl in dem Kalkül selbst, als vielmehr in der gegenüber der Elementarmathematik veränderten Betrachtungsweise unter den Gesichtspunkten der Kontinuität und des Unendlichen liegenden Schwierigkeiten zu überwinden lehren will.

Ingenieurtechnik. Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit. Von Baurat **Kurt Merckel.** 2. Auflage. Mit 55 Abbildungen im Text und auf Tafeln. (Nr. 28.)
Führt eine Reihe hervorragender und interessanter Ingenieurbauten nach ihrer technischen und wirtschaftlichen Bedeutung vor: die Gebirgsbahnen, die Bergbahnen und als deren Vorläufer die bedeutenden Gebirgsstraßen der Schweiz und Tirols, die großen Eisenbahnverbindungen in Asien, endlich die modernen Kanal- und Hafenbauten.

——— Bilder aus der Ingenieurtechnik. Von Baurat **Kurt Merckel.** Mit 43 Abbildungen und einer Doppeltafel. (Nr. 60.)
Zeigt in einer Schilderung der Ingenieurbauten der Babylonier und Assyrer, der Ingenieurtechnik der alten Ägypter unter vergleichsweiser Behandlung der modernen Irrigationsanlagen daselbst, der Schöpfungen der antiken griechischen Ingenieure, des Städtebaues im Altertum und der römischen Wasserleitungsbauten die hohen Leistungen der Völker des Altertums.

——— s. a. Luftschiffahrt,

Internationalismus. Das internationale Leben der Gegenwart. Von **Alfred H. Fried.** Mit einer lithographischen Tafel. (Nr. 226.)
Stellt einen Führer dar in das Reich des Internationalismus, gleichsam einen „Baedeker für das internationale Land", indem es durch eine Zusammenstellung der Vereinbarungen und Einrichtungen nach ihrem Umfange und ihrer Lebensfähigkeit, ihrer Betätigung und Wirksamkeit in der internationalen Verwaltung auf dem Gebiete des Verkehrswesens, wie des Rechts, des Handels wie der Sozialpolitik, der Politik und des Kriegswesens, in den internationalen Handlungen (Kongressen, Konferenzen usw.) und in dem privaten Internationalismus auf allen Kulturgebieten zu zeigen versucht, wie weit der Zusammenschluß der Kulturwelt bereits gediehen ist, und wie der moderne Internationalismus weit davon entfernt, sich auf Kosten der Nationen zu entwickeln, im Gegenteil durch ihren Zusammenschluß die Möglichkeit der Entwicklung und Betätigung der Eigenart jeder einzelnen erhöht und erweitert.

Israel s. Religion.

Jugend-Fürsorge. Von Direktor Dr. **Johannes Petersen.** 2 Bände. (Nr. 161. 162.)
Band I: Die öffentliche Fürsorge für die hilfsbedürftige Jugend. (Nr. 161.)
Band II: Die öffentliche Fürsorge für die sittlich gefährdete und die gewerblich tätige Jugend. (Nr. 162.)
Erörtert alle das Fürsorgewesen betreffenden Fragen, deckt die ihm anhaftenden Mängel auf, zeigt zugleich aber auch die Mittel und Wege zu ihrer Beseitigung. Besonders eingehend werden behandelt in dem 1. Bändchen das Vormundschaftsrecht, die Säuglingssterblichkeit, die Fürsorge für uneheliche Kinder, die Gemeindewaisenpflege, die Vor- und Nachteile der Anstalts- und Familienpflege, in dem 2. Bändchen die gewerbliche Ausnutzung der Kinder und der Kinderschutz im Gewerbe, die Kriminalität der Jugend und die Zwangserziehung, die Fürsorge für die schulentlassene Jugend.

Kabel s. Elektrotechnik.

Kaffee, Tee, Kakao und die übrigen narkotischen Getränke. Von Professor Dr. **Arwed Wieler.** Mit 24 Abb. und 1 Karte. (Nr. 132.)
Behandelt, durch zweckentsprechende Abbildungen unterstützt, Kaffee, Tee und Kakao eingehender, Mate und Kola kürzer, in bezug auf die botanische Abstammung, die natürliche Verbreitung der Stammpflanzen, die Verbreitung ihrer Kultur, die Wachstumsbedingungen und die Kulturmethoden, die Erntezeit und die Ernte, endlich die Gewinnung der fertigen Ware, wie der Weltmarkt sie aufnimmt, aus dem geernteten Produkte.

——— s. a. Ernährung; Haushalt; Pflanzen.

Kalender. Der Kalender. Von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. (Nr. 69.)
Erklärt die astronomischen Erscheinungen, die für unsere Zeitrechnung von Bedeutung sind, und schildert die historische Entwicklung des Kalenderwesens vom römischen Kalender ausgehend, den Werdegang der christlichen Kalender bis auf die neueste Zeit verfolgend, setzt ihre Einrichtungen auseinander und lehrt die Berechnung kalendarischer Angaben für Vergangenheit und Zukunft, sie durch zahlreiche Beispiele erläuternd.

Kant. Immanuel Kant. Darstellung und Würdigung. Von Professor Dr. Oswald Külpe. 2. verb. Auflage. Mit einem Bildnisse Kants. (Nr. 146.)
Kant hat durch seine grundlegenden Werke ein neues Fundament für die Philosophie aller Völker und Zeiten geschaffen. Dieses in seiner Tragfähigkeit für moderne Ideen darzustellen, hat sich der Verfasser zur Aufgabe gestellt. Es ist ihm gelungen, den wirklichen Kant mit historischer Treue zu schildern und doch auch zu beleuchten, wie die Nachwelt berufen ist, hinauszustreben über die Anschauungen des gewaltigen Denkers, da auch er ein Kind seiner Zeit ist und manche seiner Lehrmeinungen vergänglicher Art sein müssen.

——— s. a. Philosophie.

Kind. Psychologie d. Kindes. Von Prof. Rob. Gaupp. Mit 18 Abb. (Nr. 213.)
Behandelt nach einem Überblick über die geschichtliche Entwicklung und Methoden der Kinderpsychologie zunächst das Alter von der Geburt bis zu 4 Jahren unter Betonung der erkenntnistheoretischen Eigenart der Kinderpsychologischen Untersuchungen, danach die Psychologie des Schulkindes unter Hinweis auf die Bedeutung des psychologischen Versuchs für die Erkenntnis der individuellen Verschiedenheiten im Kindesalter und die Fragen der Auffassung, Gedächtnis Erlernen und Vergessen, Ermüdung und Erholung auf Grund der Tatsachen der experimentellen Psychologie und Pädagogik, während ein Anhang die Psychologie des geistig abnormen Kindes behandelt.

——— s. a. Erziehung; Jugendfürsorge.

Kinderpflege s. Säugling.

Knabenhandarbeit. Die Knabenhandarbeit in der heutigen Erziehung. Von Seminar-Dir. Dr. A. Pabst. Mit 21 Abb. und 1 Titelbild. (Nr. 140.)
Gibt einen Überblick über die Geschichte des Knabenhandarbeitsunterrichts, untersucht seine Stellung im Lichte der modernen pädagogischen Strömungen und erhärtet seinen Wert als Erziehungsmittel, erörtert sodann die Art des Betriebes in den verschiedenen Schulen und gibt zum Schlusse eine vergleichende Darstellung der Systeme in den verschiedenen Ländern.

Kolonien. Die deutschen Kolonien. (Land und Leute.) Von Dr. Adolf Heilborn. 2. verbesserte und vermehrte Auflage. Mit vielen Abbildungen und 2 Karten. (Nr. 98.)
Bringt auf engem Raume eine durch Abbildungen und Karten unterstützte wissenschaftlich gründliche Schilderung der deutschen Kolonien nach Bodengestaltung und -beschaffenheit und seine Bewässerung, Fruchtbarkeit und Wegsamkeit sowie ihrer Bewohner nach Nahrung und Kleidung, Haus und Gemeindeleben, Sitte und Recht, Glaube und Aberglaube, Arbeit und Vergnügen, Handel und Gewerbe, Waffen und Kampfesweise, wobei in der Neuauflage besonders die gegenwärtigen wirtschaftlichen Verhältnisse eingehend berücksichtigt worden sind.

——— s. a. England; Pflanzen.

Kolonisation. Innere Kolonisation. Von A. Brenning. (Nr. 261.)
Gibt in knappen Zügen ein vollständiges Bild von dem Stande der inneren Kolonisation in Deutschland, die zu den wichtigsten volkswirtschaftlichen Aufgaben der Gegenwart gehört, indem nach einem Überblick über die Geschichte, die Landflucht mit ihren Ursachen und Wirkungen als einer der Hauptbeweggründe zur Wiederaufnahme der Kolonisationstätigkeit nach fast einem halben Jahrhundert ausführlich behandelt, die Bedeutung der inneren Kolonisation in nationaler, sozialer und wirtschaftlicher Beziehung erörtert, endlich die Leistungen der staatlichen Kolonisationstätigkeit, wie der von Kommunalverwaltungen und Privaten, und andererseits das Verfahren bei der Kolonisation selbst eingehend behandelt werden. Das Büchlein ermöglicht jedem, sich ein eigenes Urteil über die Wichtigkeit der inneren Kolonisation zu bilden.

Konsumgenossenschaft. Die Konsumgenossenschaft. Von Professor Dr. Franz Staudinger. (Nr. 222.)
Eine von sozial-technischen und sozial-ethischen Grundgedanken ausgehende Darstellung der Konsumgenossenschaft, deren zentrale Stellung im Genossenschaftswesen erörtert, deren privat-

wirtschaftliche, volkswirtschaftliche, soziale und moralische Grundfaktoren und deren Entwicklung geschildert und deren Organisation, Rechtsverhältnisse und Mängel dargestellt werden, während ein Hinweis auf Art und Gründe der gegen sie geführten Kämpfe und ein Ausblick auf die technischen Entwicklungsmöglichkeiten der Genossenschaft den Abschluß bilden.

Korallen. Korallen und andere gesteinsbildende Tiere. Von Professor Dr. W. May. Mit 45 Abbildungen. (Nr. 231.)
Schildert die gesteinsbildenden Tiere nach Bau, Lebensweise und Vorkommen, besonders ausführlich die für den Bau der Erdrinde so wichtigen Korallentiere und führt in das von Zoologen und Geologen vielbehandelte Problem der Entstehung der durch sie aufgebauten Riffe und Inseln ein.

Kraftfahrzeuge s. Automobil; Luftschiffahrt.

Krankenpflege. Vorträge gehalten von Chefarzt Dr. Br. Leick. (Nr. 152.)
Gibt zunächst einen Überblick über Bau und Funktion der inneren Organe des Körpers und deren hauptsächlichste Erkrankungen und erörtert dann die hierbei zu ergreifenden Maßnahmen. Besonders eingehend wird die Krankenpflege bei Infektionskrankheiten sowie bei plötzlichen Unglücksfällen und Erkrankungen behandelt.

——— s. a. Arzt; Gesundheitslehre; Heilwissenschaft.

Kriegswesen. Vom Kriegswesen im 19. Jahrhundert. Zwanglose Skizzen von Major Otto von Sothen. Mit 9 Übersichtskarten. (Nr. 59.)
In einzelnen Abschnitten wird insbesondere die Napoleonische und Moltkesche Kriegführung an Beispielen (Jena-Königgrätz-Sedan) dargestellt und durch Kartenskizzen erläutert. Damit verbunden sind kurze Schilderungen der preußischen Armee von 1806 und nach den Befreiungskriegen sowie nach der Reorganisation von 1860, endlich des deutschen Heeres von 1870 bis zur Jetztzeit.

——— Der Seekrieg. Seine geschichtliche Entwicklung vom Zeitalter der Entdeckungen bis zur Gegenwart. Von Kurt Freiherr von Maltzahn, Vize-Admiral a. D. (Nr. 99.)
Der Verf. bringt den Seekrieg als Kriegsmittel wie als Mittel der Politik zur Darstellung, indem er zunächst die Entwicklung der Kriegsflotte und der Seekriegsmittel schildert und dann die heutigen Weltwirtschaftsstaaten und den Seekrieg behandelt, wobei er besonders das Abhängigkeitsverhältnis, in dem unsere Weltwirtschaftsstaaten kommerziell und politisch zu den Verkehrswegen der See stehen, darstellt.

——— Der Krieg im Zeitalter des Verkehrs und der Technik. Von Alfred Meyer, Hauptmann im Kgl. Sächs. Inf.-Reg. Nr. 133 in Zwickau. Mit Figuren im Text und auf einer Tafel. (Nr. 271.)
Gibt einen allgemein verständlichen Überblick über die ungeheuren Umwälzungen, welche die Entwicklung des modernen Verkehrswesens und der modernen Technik auf das Kriegswesen ausgeübt hat, wie sie bei einem europäischen Krieg der Zukunft in die Erscheinung treten würden, und schildert so den Aufmarsch der Heere, das Suchen der Entscheidung, und endlich die Verfolgung und die Entscheidung.

——— s. a. Technik; Verkehrsentwicklung.

Kriminalpsychologie. Die Psychologie des Verbrechers. Von Dr. Paul Pollitz, Strafanstaltsdirektor. Mit Diagrammen. (Nr. 248).
Gibt an einer reichen Auswahl von Beispielen auf Grund der Literatur wie der eigenen Praxis eine umfassende Übersicht über unser Wissen von der Psychologie des Verbrechers und des Verbrechens, das es nach einer Musterung der bisher aufgestellten Theorien als Produkt sozialer und wirtschaftlicher Verhältnisse, defekter geistiger Anlage, wie persönlicher, verbrecherischer Tendenz auffaßt und so in seiner Abhängigkeit von Geschlecht, Alter, Erziehung, Beruf, von Geisteskrankheit, Alkoholismus, Prostitution, wie in den Eigenarten des jugendlichen wie des gewerbs- und gewohnheitsmäßigen Verbrechers darzustellen sucht.

Kulturgeschichte. Die Anfänge der menschlichen Kultur. Von Professor Dr. Ludwig Stein. (Nr. 93.)
Behandelt in der Überzeugung, daß die Kulturprobleme der Gegenwart sich uns nur durch einen tieferen Einblick in ihren Werdegang erschließen, Natur und Kultur, den vorgeschichtlichen Menschen, die Anfänge der Arbeitsteilung, die Anfänge der Rassenbildung, ferner die Anfänge der wirtschaftlichen, intellektuellen, moralischen und sozialen Kultur.

Kulturgeschichte s. a. Altertum; Baukunst; Bildungswesen; Buchgewerbe; Christentum; Dorf; Entdeckungen; Frauenleben; Friedensbewegung; Germanen; Geschichte; Handwerk; Haus; Münze; Soziale Bewegungen; Städtebilder; Student; Theater; Tierleben; Volkskunde.

Kunst. Bau und Leben der bildenden Kunst. Von Direktor Dr. Theodor Volbehr. Mit 44 Abbildungen. (Nr. 68.)
Führt von einem neuen Standpunkte aus in das Verständnis des Wesens der bildenden Kunst ein, erörtert die Grundlagen der menschlichen Gestaltungskraft und zeigt, wie das künstlerische Interesse sich allmählich weitere und immer weitere Stoffgebiete erobert.

—— Deutsche Kunst im täglichen Leben bis zum Schlusse des 18. Jahrhunderts. Von Professor Dr. Bertold Haendcke. Mit 63 Abb. (Nr. 198.)
Zeigt an der Hand zahlreicher Abbildungen, wie die angewandte Kunst im Laufe der Jahrhunderte das deutsche Heim in Burg, Schloß und Haus behaglich gemacht und geschmückt hat, wie die Gebrauchs- und Luxusgegenstände des täglichen Lebens entstanden sind und sich gewandelt haben, und liefert so nicht nur einen wichtigen Beitrag zur deutschen Kulturgeschichte, sondern auch zur Frage der künstlerischen Erziehung der Gegenwart.

—— Kunstpflege in Haus und Heimat. Von Superintendenten Richard Bürkner. Mit 14 Abbildungen. (Nr. 77.)
Will, ausgehend von der Überzeugung, daß zu einem vollen Menschensein und Volkstum die Pflege des Schönen unabweisbar gehört, die Augen zum rechten Sehen öffnen lehren und die ganze Lebensführung, Kleidung und Häuslichkeit ästhetisch gestalten, um so auch zur Erkenntnis dessen zu führen, was an Heimatkunst und Heimatschatz zu hegen ist, und auf diesem großen Gebiete persönlichen und allgemeinen ästhetischen Lebens ein praktischer Ratgeber sein

—— Die ostasiatische Kunst und ihre Einwirkung auf Europa. Von Direktor Dr. Richard Graul. Mit 49 Abb. und 1 Doppeltafel. (Nr. 87.)
Bringt die bedeutungsvolle Einwirkung der japanischen und chinesischen Kunst auf die europäische zur Darstellung unter Mitteilung eines reichen Bildermaterials, den Einfluß Chinas auf die Entwicklung der zum Rokoko drängenden freien Richtungen in der dekorativen Kunst des 18. Jahrhunderts wie den auf die Entwicklung des 19. Jahrhunderts. Der Verfasser weist auf die Beziehungen der Malerei und Farbendruckkunst Japans zum Impressionismus der modernen europäischen Kunst hin.

—— s. a. Altertum; Baukunst; Buchgewerbe; Dürer; Illustrationskunst; Rembrandt; Schriftwesen; Städtewesen; Theater.

Landwirtschaft. Die deutsche Landwirtschaft. Von Dr. Walter Claaßen. Mit 15 Abbildungen und 1 Karte. (Nr. 215.)
Behandelt die natürlichen Grundlagen der Bodenbereitung, die Technik und Betriebsorganisation des Acker-, Wiesen- und Weidenbaues und der Viehhaltung, die volkswirtschaftliche Bedeutung des Landbaues sowie die agrarpolitischen Fragen und schließlich die Bedeutung des Menschen als Produktionsfaktor in der Landwirtschaft und andererseits die Rolle, die das Landvolk im Lebensprozesse der Nation spielt.

—— s. a. Kolonisation; Obstbau.

Leben. Die Erscheinungen des Lebens. Grundprobleme der modernen Biologie. Von Privatdozent Dr. H. Miehe. Mit 40 Figuren im Text. (Nr. 130.)
Versucht eine umfassende Totalansicht des organischen Lebens zu geben, indem nach einer Erörterung der spekulativen Vorstellungen über das Leben und einer Beschreibung des Protoplasmas und der Zelle die hauptsächlichsten Äußerungen des Lebens behandelt werden, als Entwicklung, Ernährung, Atmung, das Sinnesleben, die Fortpflanzung, der Tod, die Variabilität und im Anschluß daran die Theorien über Entstehung und Entwicklung der Lebewelt sowie die mannigfachen Beziehungen der Lebewesen untereinander.

—— s. a. Biologie; Organismen.

Lebensanschauungen. Sittliche Lebensanschauungen der Gegenwart. Von Professor Dr. Otto Kirn. (Nr. 177.)
Übt verständnisvolle Kritik an den Lebensanschauungen des Naturalismus, der sich wohl um die Gesunderhaltung der natürlichen Grundlagen des sittlichen Lebens Verdienste erworben,

aber seine Ziele nicht zu begründen vermag, des **Utilitarismus**, der die Menschheit wohl weiter hinaus, aber nicht höher hinauf zu blicken lehrt, des **Evolutionismus**, der auch seinerseits den alten Streit zwischen Egoismus und Altruismus nicht entscheiden kann, an der **ästhetischen Lebensauffassung**, deren Gefahr in der Überschätzung der schönen Form liegt, die nur als Kleid eines bedeutsamen Inhalts Berechtigung hat, um dann für das überlegene Recht des **sittlichen Idealismus** einzutreten, indem es dessen folgerichtige Durchführung in der christlichen Weltanschauung aufweist.

——— s. a. Menschenleben; Weltanschauung.

Leibesübungen s. Turnen.

Licht. Das Licht und die Farben. Sechs Vorlesungen. Von Professor Dr. Ludwig Graetz. 2. Auflage. Mit 116 Abbildungen. (Nr. 17.)

Führt, von den einfachsten optischen Erscheinungen ausgehend, zur tieferen Einsicht in die Natur des Lichtes und der Farben, behandelt, ausgehend von der scheinbar geradlinigen Ausbreitung, Zurückwerfung und Brechung des Lichtes, das Wesen der Farben, die Beugungserscheinungen und die Photographie.

——— s. a. Beleuchtungsarten; Chemie; Energie; Spektroskopie; Strahlen.

Literaturgeschichte s. Buchgewerbe; Drama; Hebbel; Ibsen; Lyrik; Musik; Romantik; Schiller; Shakespeare; Theater; Volkslied; Volkssage.

Luft s. Chemie.

Luftschiffahrt. Von Dr. Raimund Nimführ.

Gibt eine umfassende, allgemein verständliche Darstellung dieses modernsten und zukunftsreichsten Zweiges der Bewegungstechnik und seiner Entwicklung von der Montgolfière bis zum Zeppelin II und den neuesten Aeroplanen, wobei die modernen Konstruktionen und ihre Prinzipien eine durch zahlreiche Abbildungen unterstützte, besonders eingehende Behandlung finden.

Lüftung s. Heizung.

Luther. Luther im Lichte der neueren Forschung. Ein kritischer Bericht. Von Professor Dr. Heinrich Boehmer. (Nr. 113.)

Versucht durch sorgfältige historische Untersuchung eine erschöpfende Darstellung von Luthers Leben und Wirken zu geben, die Persönlichkeit des Reformators aus ihrer Zeit heraus zu erfassen, ihre Schwächen und Stärken beleuchtend zu einem wahrheitsgetreuen Bilde zu gelangen, und gibt so nicht nur ein psychologisches Porträt, sondern bietet zugleich ein interessantes Stück Kulturgeschichte.

——— s. a. Geschichte.

Lyrik. Geschichte der deutschen Lyrik seit Claudius. Von Dr. Heinrich Spiero. (Nr. 254.)

Gibt eine zusammenhängende, auf ästhetischer Grundlage ruhende Schilderung der Entwicklungsgeschichte der deutschen Lyrik von Claudius über Goethe, die Romantik, den Realismus, bis zur Gegenwart, welche die größten und feinsten Meister voll hervortreten läßt, und versucht die lyrische Form gerade der in ihrer Einsamkeit schwer zugänglichen Dichter in ihrer Eigenart an der Hand wohlgewählter Proben zu analysieren.

——— s. a. Literaturgeschichte; Romantik; Volkslied.

Mädchenschule. Die höhere Mädchenschule in Deutschland. Von Oberlehrerin Marie Martin. (Nr. 65.)

Bietet aus berufenster Feder eine Darstellung der Ziele, der historischen Entwicklung, der heutigen Gestalt und der Zukunftsaufgaben der höheren Mädchenschulen.

——— s. a. Bildungswesen; Schulwesen.

Mathematik s. Arithmetik; Infinitesimalrechnung.

Mathematische Spiele. Von Dr. Wilhelm Ahrens. Mit 1 Titelbild und 69 Figuren. (Nr. 170.)

Sucht in das Verständnis all der Spiele, die „ungleich voll von Nachdenken“ vergnügen, weil man bei ihnen rechnet, ohne Voraussetzung irgendwelcher mathematischer Kenntnisse einzuführen und so ihren Reiz für Nachdenkliche erheblich zu erhöhen. So werden unter Beigabe von einfachen, das Mitarbeiten des Lesers belebenden Fragen Wettspringen, Boß-Puzzle, Solitär- oder Einsiedlerspiel, Wanderungsspiele, Dyadische Spiele, der Baguenaudier, Nim, der Rösselsprung und die Magischen Quadrate behandelt.

——— s. a. Schachspiel.

Mechanik s. Eisenbetonbau; Hebezeuge; Technik.

Meeresforschung. Meeresforschung und Meeresleben. Von Dr. Otto Janson. 2. Auflage. Mit 41 Figuren. (Nr. 30.)
Schildert kurz und lebendig die Fortschritte der modernen Meeresuntersuchung auf geographischem, physikalisch-chemischem und biologischem Gebiete, die Verteilung von Wasser und Land auf der Erde, die Tiefen des Meeres, die physikalischen und chemischen Verhältnisse des Meerwassers, endlich die wichtigsten Organismen des Meeres, die Pflanzen und Tiere.

——— s. a. Korallen.

Mensch. Der Mensch. Sechs Vorlesungen aus dem Gebiete der Anthropologie. Von Dr. Adolf Heilborn. Mit zahlreichen Abbildungen. (Nr. 62.)
Stellt die Lehren der „Wissenschaft aller Wissenschaften" streng sachlich und doch durchaus volkstümlich dar: das Wissen vom Ursprung des Menschen, die Entwicklungsgeschichte des Individuums, die künstlerische Betrachtung der Proportionen des menschlichen Körpers und die streng wissenschaftlichen Meßmethoden (Schädelmessung usf.), behandelt ferner die Menschenrassen, die rassenanatomischen Verschiedenheiten, den Tertiärmenschen.

——— Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers. Von Privatdozenten Dr. Heinrich Sachs. 2. Auflage. Mit 37 Abbildungen. (Nr. 32.)
Gibt eine Reihe schematischer Abbildungen, erläutert die Einrichtung und die Tätigkeit der einzelnen Organe des Körpers und zeigt dabei vor allem, wie diese einzelnen Organe in ihrer Tätigkeit aufeinander einwirken, miteinander zusammenhängen und so den menschlichen Körper zu einem einheitlichen Ganzen, zu einem wohlgeordneten Staate machen.

——— **und Erde.** Mensch und Erde. Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von Professor Dr. Alfred Kirchhoff. 2. Aufl. (Nr. 31.)
Zeigt, wie die Ländernatur auf den Menschen und seine Kultur einwirkt, durch Schilderungen allgemeiner und besonderer Art, über Steppen- und Wüstenvölker, über die Entstehung von Nationen, wie Deutschland und China u. a. m.

——— **und Tier.** Der Kampf zwischen Mensch und Tier. Von Professor Dr. Karl Eckstein. 2. Auflage. Mit 51 Figuren. (Nr. 18.)
Der hohe wirtschaftliche Bedeutung beanspruchende Kampf zwischen Mensch und Tier erfährt eine eingehende, ebenso interessante wie lehrreiche Darstellung; besonders werden die Kampfmittel beider Gegner geschildert: hier Schußwaffen, Fallen, Gifte oder auch besondere Wirtschaftsmethoden, dort spitzige Kralle, scharfer Zahn, furchtbares Gift, List und Gewandtheit, der Schutzfärbung und Anpassungsfähigkeit nicht zu vergessen.

——— s. a. Anatomie; Auge; Frauenkrankheiten; Geistesleben; Geschlechtskrankheiten; Gesundheitslehre; Heilwissenschaft; Kultur; Nervensystem; Psychologie; Säugling; Seele; Sinne; Sprache; Stimme; Turnen; Zahnpflege.

Menschenleben. Aufgaben und Ziele des Menschenlebens. Von Dr. J. Unold. 3. Auflage. (Nr. 12.)
Beantwortet die Frage: Gibt es keine bindenden Regeln des menschlichen Handelns? in zuversichtlich bejahender, zugleich wohlbegründeter Weise und entwirft die Grundzüge einer wissenschaftlich haltbaren und für eine nationale Erziehung brauchbaren Lebensanschauung und Lebensordnung.

——— s. a. Lebensanschauung; Weltanschauung.

Metalle. Die Metalle. Von Professor Dr. Karl Scheid. 2. Auflage. Mit 16 Abbildungen. (Nr. 29.)
Behandelt die für Kulturleben und Industrie wichtigen Metalle, schildert die mutmaßliche Bildung der Erze, die Gewinnung der Metalle aus den Erzen, das Hüttenwesen mit seinen verschiedenen Systemen, die Fundorte der Metalle, ihre Eigenschaften und Verwendung, unter Angabe historischer, kulturgeschichtlicher und statistischer Daten sowie die Verarbeitung der Metalle.

——— s. a. Eisenhüttenwesen.

Meteorologie s. Wetter.

Mietrecht. Die Miete nach dem Bürgerlichen Gesetzbuch. Ein Handbüchlein für Juristen, Mieter und Vermieter. Von Rechtsanwalt Dr. Max Strauß. (Nr. 194.)
Gibt in der Absicht, Mieter und Vermieter über ihr gegenseitiges Verhältnis aufzuklären und so zur Vermeidung vieler oft nur aus der Unkenntnis der gesetzlichen Bestimmungen entspringender Mietprozesse beizutragen, eine gemeinverständliche Darstellung des Mietrechts, die durch Aufnahme der einschlägigen umfangreichen Literatur sowie der Entscheidungen der höchsten Gerichtshöfe auch dem praktischen Juristen als Handbuch zu dienen vermag.

Mikroskop. Das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung, gemeinverständlich dargestellt. Von Dr. W. Scheffer. Mit 66 Abbildungen. (Nr. 35.)
Nach Erläuterung der optischen Konstruktion und Wirkung des Mikroskops und Darstellung der historischen Entwicklung wird eine Beschreibung der modernsten Mikroskoptypen, Hilfsapparate und Instrumente gegeben, endlich gezeigt, wie die mikroskopische Untersuchung die Einsicht in Naturvorgänge vertieft.

——— s. a. Optik; Pflanzen; Tierwelt.

Mittelalter s. a. Baukunst, Städtewesen.

Moleküle. Moleküle — Atome — Weltäther. Von Professor Dr. Gustav Mie. 2. Auflage. Mit 27 Figuren. (Nr. 58.)
Stellt die physikalische Atomlehre als die kurze, logische Zusammenfassung einer großen Menge physikalischer Tatsachen unter einem Begriffe dar, die ausführlich und nach Möglichkeit als einzelne Experimente geschildert werden.

——— s. a. Energie.

Mond. Der Mond. Von Professor Dr. Julius Franz. Mit 31 Abbildungen und 2 Doppeltafeln. (Nr. 90.)
Gibt die Ergebnisse der neueren Mondforschung wieder, erörtert die Mondbewegung und Mondbahn, bespricht den Einfluß des Mondes auf die Erde und behandelt die Fragen der Oberflächenbedingungen des Mondes und die charakteristischen Mondgebilde anschaulich zusammengefaßt in „Beobachtungen eines Mondbewohners", endlich die Bewohnbarkeit des Mondes.

——— s. a. Astronomie; Kalender; Planeten; Weltall.

Mozart s. Musik.

Münze. Die Münze als historisches Denkmal sowie ihre Bedeutung im Rechts- und Wirtschaftsleben. Von Dr. Arnold Luschin v. Ebengreuth. Mit 53 Abbildungen im Text. (Nr. 91.)
Zeigt, wie Münzen als geschichtliche Überbleibsel der Vergangenheit zur Aufhellung der wirtschaftlichen Zustände und der Rechtseinrichtungen früherer Zeiten dienen; die verschiedenen Arten von Münzen, ihre äußeren und inneren Merkmale sowie ihre Herstellung werden in historischer Entwicklung dargelegt und im Anschluß daran Münzsammlern beherzigenswerte Winke gegeben.

Musik. Geschichte der Musik. Von Dr. Friedrich Spiro. (Nr. 143.)
Gibt in großen Zügen eine übersichtliche äußerst lebendig gehaltene Darstellung von der Entwicklung der Musik vom Altertum bis zur Gegenwart mit besonderer Berücksichtigung der führenden Persönlichkeiten und der großen Strömungen und unter strenger Ausscheidung alles dessen, was für die Entwicklung der Musik ohne Bedeutung war.

——— Einführung in das Wesen der Musik. Von Professor Carl R. Hennig. (Nr. 119.)
Die hier gegebene Ästhetik der Tonkunst untersucht das Wesen des Tones als eines Kunstmaterials; sie prüft die Natur der Darstellungsmittel und untersucht die Objekte der Darstellung, indem sie klarlegt, welche Ideen im musikalischen Kunstwerke gemäß der Natur des Tonmateriales und der Darstellungsmittel in idealer Gestaltung zur Darstellung gebracht werden können.

——— Die Grundlagen der Tonkunst. Versuch einer genetischen Darstellung der allgemeinen Musiklehre. Von Professor Dr. Heinrich Rietsch. (Nr. 178.)
In leichtfaßlicher, keine Sachkenntnisse voraussetzender Darstellung rollt hier Verfasser ein Entwicklungsbild der musikalischen Erscheinungen auf. Er erörtert zunächst den Stoff der

Tonkunst, dann seine Formung (Rhythmik, Harmonik, Weiterbildung des rhythmisch-harmonischen Tonstoffes), ferner die schriftliche Aufzeichnung der Tongebilde und behandelt schließlich die Musik als Tonsprache, damit so zugleich auch die Grundlagen einer Musikästhetik gebend.

——— Die Blütezeit der musikalischen Romantik in Deutschland. Von Dr. Edgar Istel. Mit einer Silhouette von E. T. A. Hoffmann. (Nr. 239.)
Gibt zum ersten Male eine Gesamtdarstellung der Epoche Schuberts und Schumanns, der an Persönlichkeiten, Schöpfungen und Anregungen reichsten der deutschen Musikgeschichte, der wir eine Fülle unserer schönsten Tonschöpfungen verdanken, in der das deutsche Lied den Höhepunkt seiner Entwicklung erreichte und aus der sich das Musikdrama Richard Wagners wie die gesamte moderne Musik, nicht nur Deutschlands, entwickelt hat.

Musik. Haydn, Mozart, Beethoven. Von Professor Dr. Carl Krebs. Mit vier Bildnissen auf Tafeln. (Nr. 92.)
Eine Darstellung des Entwicklungsganges und der Bedeutung eines jeden der drei großen Komponisten für die Musikgeschichte. Sie gibt mit wenigen, aber scharfen Strichen ein Bild der menschlichen Persönlichkeit und des künstlerischen Wesens der drei Heroen mit Hervorhebung dessen, was ein jeder aus seiner Zeit geschöpft und was er aus Eignem hinzugebracht hat.

Muttersprache. Entstehung und Entwicklung unserer Muttersprache. Von Prof. Dr. Wilhelm Uhl. Mit vielen Abbildungen u. 1 Karte. (Nr. 84.)
Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der sprachlich-wissenschaftlich lautphysiologischen wie der philologisch-germanistischen Forschung, die Ursprung und Organ, Bau und Bildung, andererseits die Hauptperioden der Entwicklung unserer Muttersprache zur Darstellung bringt.

——— s. a. Sprache.

Mythologie s. Germanen.

Mystik im Heidentum und Christentum. Von Dr. Edvin Lehmann. Vom Verfasser durchgesehene Übersetzung von Anna Grundtvig geb. Quittenbaum. (Nr. 217.)
Verfolgt in glänzender Darstellung die Erscheinungen der Mystik, „dieses Menschheitsweines, der da erquickt, aber auch berauscht und erniedrigt", von den primitivsten Kulturstufen durch die orientalischen Religionen bis zur griechischen Mystik, erörtert dann eingehend die mystischen Phänomene in den christlichen Kirchen und versucht, die Mystik in der griechischen wie in der römischen Kirche, bei Luther und den Quietisten wie ihren Einfluß auf die Romantiker zu schildern.

Nahrungsmittel s. Alkoholismus; Chemie; Ernährung; Haushalt; Kaffee; Pflanzen.

Napoleon I. Von Privatdozenten Dr. Theodor Bitterauf. Mit einem Bildnis Napoleons. (Nr. 195.)
Will auf Grund der neuesten Ergebnisse der historischen Forschung Napoleon in seiner geschichtlichen Bedingtheit verständlich machen, ohne deshalb seine persönliche Verantwortlichkeit zu leugnen, und zeigen, wie im ganzen seine Herrschaft als eine noch in der heutigen Republik wirksame Wohltat angesehen werden muß.

Nationalökonomie s. Amerika; Arbeiterschutz; Bevölkerungslehre; Deutschland; Frauenarbeit; Frauenbewegung; Japan; Kolonisation; Konsumgenossenschaft; Landwirtschaft; Münze; Obstbau; Post; Schiffahrt; Soziale Bewegungen; Verkehrsentwicklung; Versicherung; Welthandel; Wirtschaftsleben.

Naturalismus s. Lebensanschauungen; Philosophie.

Naturlehre. Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Von Professor Dr. Felix Auerbach. 2. Auflage. Mit 79 Figuren. (Nr. 40.)
Eine zusammenhängende, für jeden Gebildeten verständliche Entwicklung der in der modernen Naturlehre eine allgemeine und exakte Rolle spielenden Begriffe Raum und Bewegung, Kraft und Masse und die allgemeinen Eigenschaften der Materie, Arbeit, Energie und Entropie.

——— s. a. Energie; Moleküle.

Naturwissenschaften s. Abstammungslehre; Ameisen; Anatomie; Astronomie; Bakterien; Befruchtungsvorgang; Biologie; Botanik; Chemie; Elektro-

chemie; Energie; Erde; Haushalt; Kaffee; Korallen; Leben; Licht; Meeresforschung; Mensch; Mikroskop; Moleküle; Naturlehre; Obstbau; Optik; Organismen; Pflanzen; Photochemie; Plankton; Religion; Spektroskopie; Stereoskop; Strahlen; Tierleben; Vogelleben; Wald; Wärme; Weltall; Wetter.

Nautik. Von Oberlehrer Dr. Johannes Möller in Elsfleth. Mit 58 Figuren im Text und auf einer Tafel. (Nr. 255.)
Gibt zum erstenmal eine allgemeinverständliche Übersicht über das gesamte Gebiet der Steuermannskunst, indem es nach einer Beschreibung der nautischen Instrumente die verschiedenen Methoden der Nautik darstellt, mit deren Hilfe der Seemann sein Schiff sicher über See bringt, und zum Schluß eine Übersicht über Meeresströmungen und Witterungsvorgänge gibt, soweit sie die Schiffahrt beeinflussen.
——— s. a. Schiffahrt.

Nervensystem. Vom Nervensystem, seinem Bau und seiner Bedeutung für Leib und Seele im gesunden und kranken Zustande. Von Professor Dr. Richard Zander. Mit 27 Figuren. (Nr. 48.)
Erörtert die Bedeutung der nervösen Vorgänge für den Körper, die Geistestätigkeit und das Seelenleben und sucht klarzulegen, unter welchen Bedingungen Störungen der nervösen Vorgänge auftreten, wie sie zu beseitigen und zu vermeiden sind.
——— s. a. Geistesleben; Geisteskrankheiten; Mensch; Seele; Sinne.

Nordamerika s. Amerika; Hochschule; Schulwesen; Universität.

Nordische Dichter s. Ibsen.

Obstbau. Der Obstbau. Von Dr. Ernst Voges. Mit 13 Abb. (Nr. 107.)
Will über die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen des Obstbaues sowie seine Naturgeschichte und große volkswirtschaftliche Bedeutung unterrichten. Die Geschichte des Obstbaues, das Leben des Obstbaumes, Obstbaumpflege und Obstbaumschutz, die wissenschaftliche Obstkunde, die Ästhetik des Obstbaues gelangen zur Behandlung.

Optik. Die optischen Instrumente. Von Dr. Moritz von Rohr. Mit 84 Abbildungen im Text. (Nr. 88.)
Gibt eine elementare Darstellung der optischen Instrumente nach den modernen Anschauungen, wobei weder das Ultramikroskop noch die neuen Apparate zur Mikrophotographie mit ultraviolettem Licht (Monochromate), weder die Prismen- noch die Zielfernrohre, weder die Projektionsapparate nach die stereoskopischen Entfernungsmesser und der Stereokomparator fehlen.
——— s. a. Mikroskop; Stereoskop.

Organismen. Die Welt der Organismen. Von Professor Dr. Kurt Lampert. Mit zahlreichen Abbildungen. (Nr. 236.)
Beabsichtigt einen allgemeinverständlichen Überblick über die Gesamtheit des Tier- und Pflanzenreiches zu geben, indem es zunächst den Aufbau der Organismen, die Lebensgeschichte der Pflanzen und Tiere sowie ihre Abhängigkeit von der äußeren Umgebung und an einer Reihe von Beispielen die außerordentlich mannigfaltigen Wechselbeziehungen schildert, die zwischen den einzelnen Gliedern der belebten Natur herrschen.

Orient. Der Orient. Von Ewald Banse.
I. Die Atlasländer. Marokko, Algier, Tunis. (Nr. 277)
Gibt als erstes von drei Bändchen, die den gesamten Orient behandeln, eine lebendige, durchweg auf eigenen Anschauungen beruhende Schilderung jener Länder und Volksstämme, die noch immer ihren alten romantisch-ästhetischen Reiz behalten haben und heute zugleich ein reiches politisches Interesse beanspruchen dürfen, wobei die geographischen, völkerkundlichen und wirtschaftlichen Momente gleich berücksichtigende Darstellung durch zahlreiche Abbildungen wirksam unterstützt wird.
In Vorbereitung: II. Der arabische Orient. (Nr. 278.) III. Der arische Orient. (Nr. 279.)

Ostasien s. Kunst.

Österreich. Österreichs innere Geschichte von 1848 bis 1907. Von Richard Charmatz. 2 Bände. (Nr. 242/243.)
Band I: Die Vorherrschaft der Deutschen. (Nr. 242.) Band II: Der Kampf der Nationen. (Nr. 243.)

Gibt zum ersten Male in lebendiger und klarer Sprache eine Gesamtdarstellung der Entstehung des modernen Österreich, seiner interessanten, durch das Zusammenwirken der verschiedensten Faktoren bedingten innerpolitischen Entwicklung seit 1848.

Pädagogik. Allgem. Pädagogik. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. 2. Aufl. (Nr. 33.)
Behandelt die großen Fragen der Volkserziehung in praktischer, allgemeinverständlicher Weise und in sittlich-sozialem Geiste. Die Zwecke und Motive der Erziehung, das Erziehungsgeschäft selbst, dessen Organisation werden erörtert, die verschiedenen Schulgattungen dargestellt.

Pädagogik. Experimentelle Pädagogik mit besonderer Rücksicht auf die Erziehung durch die Tat. Von Dr. W. Lay. Mit 2 Abbildungen. (Nr. 224.)
Berichtet über die Geschichte der experimentellen Pädagogik, über ihre biologischen und soziologischen Grundlagen, über Wesen und Bedeutung der experimentellen Forschungsmethode, über die Aufgaben und Ziele der experimentellen Pädagogik, über die praktisch wichtigen experimentellen Untersuchungen der in- und ausländischen Forscher, über die Errichtung pädagogischer Laboratorien sowie auch über die der experimentellen Pädagogik entgegenstehenden Vorurteile.

——— s. Bildungswesen; Erziehung; Fortbildungsschulen; Fröbel; Herbart; Hilfsschulwesen; Hochschulen; Jugendfürsorge; Kind; Knabenhandarbeit; Mädchenschule; Pestalozzi; Rousseau; Schulhygiene; Schulwesen; Student; Turnen; Universität.

Palästina. Palästina und seine Geschichte. Sechs Vorträge von Professor Dr. Hermann Freiherr von Soden. 2. Auflage. Mit 2 Karten und 1 Plan von Jerusalem und 6 Ansichten des Heiligen Landes. (Nr. 6.)
Ein Bild, nicht nur des Landes selbst, sondern auch alles dessen, was aus ihm hervor- oder über es hingegangen ist im Laufe der Jahrhunderte — ein wechselvolles, farbenreiches Bild, in dessen Verlauf die Patriarchen Israels und die Kreuzfahrer, David und Christus, die alten Assyrer und die Scharen Mohammeds einander ablösen.

——— Palästina nach den neuesten Ausgrabungen. Von Gymnasialoberlehrer Dr. Peter Thomsen. (Nr. 260.)
Will die überraschenden, bisher der Allgemeinheit so gut wie unbekannt gebliebenen Ergebnisse der neueren Forschung in Palästina schildern und zugleich ihre Bedeutung für die Geschichte der Religion und Kultur darlegen und sich so als Führer zu neuem und tieferem Eindringen in die geschichtlichen Grundlagen unserer Religion und in das Verständnis der alttestamentlichen Schriften darbieten.

Patentrecht s. Gewerbe.

Pestalozzi. Pestalozzi. Sein Leben und seine Ideen. Von Professor Dr. Paul Natorp. Mit einem Bildnis und einem Brieffaksimile. (Nr. 250.)
Stellt nach einer kurzen Orientierung über die Entwicklungsgeschichte das Ganze der Lehre Pestalozzis, die Prinzipien sowohl wie deren Durchführung systematisch dar, wobei sich ergibt, daß gerade die Prinzipien Pestalozzis auch strengere Forderungen an Systemeinheit befriedigen, während in der weiteren Durchführung neben unzerstörlich Echtem auch ernste Mängel und Fehlgriffe zutage treten.

Pflanzen. Das Werden und Vergehen der Pflanzen. Von Professor Dr. Paul Gisevius. Mit 24 Abbildungen. (Nr. 173.)
Behandelt in leichtfaßlicher Weise alles, was uns allgemein an der Pflanze interessiert, ihre äußere Entwicklung, ihren inneren Bau, die wichtigsten Lebensvorgänge, wie Nahrungsaufnahme und Atmung, Blühen, Reifen und Verwelken, gibt eine Übersicht über das Pflanzenreich in Urzeit und Gegenwart und unterrichtet über Pflanzenvermehrung und Pflanzenzüchtung. Das Büchlein stellt somit eine kleine „Botanik des praktischen Lebens" dar.

——— Vermehrung der Sexualität bei den Pflanzen. Von Privatdozent Dr. Ernst Küster. Mit 38 Abbildungen. (Nr. 112.)
Gibt eine kurze Übersicht über die wichtigsten Formen der vegetativen Vermehrung und beschäftigt sich eingehend mit der Sexualität der Pflanzen, deren überraschend vielfache und mannigfaltige Äußerungen, ihre große Verbreitung im Pflanzenreich und ihre in allen Einzelheiten erkennbare Übereinstimmung mit der Sexualität der Tiere zur Darstellung gelangen.

——— Kolonialbotanik. Von Privatdoz. Dr. F. Tobler. Mit 21 Abb. (Nr. 184.)
Schildert zunächst die allgemeinen wirtschaftlichen Grundlagen tropischer Landwirtschaft, ihre Einrichtungen und Methoden, um dann die bekanntesten Objekte der Kolonialbotanik, wie

Kaffee, Kakao, Tee, Zuckerrohr, Reis, Kautschuk, Guttapercha, Baumwolle, Öl- und Kokospalme einer eingehenden Betrachtung zu unterziehen.

Pflanzen. Die Pflanzenwelt des Mikroskops. Von Bürgerschullehrer Ernst Reukauf. Mit 100 Abbildungen in 165 Einzeldarstellungen nach Zeichnungen des Verfassers. (Nr. 181.)

Will auch dem Unkundigen einen Begriff geben von dem staunenswerten Formenreichtum des mikroskopischen Pflanzenlebens, will den Blick besonders auf die dem unbewaffneten Auge völlig verborgenen Erscheinungsformen des Schönen lenken, aber auch den Ursachen der auffallenden Lebenserscheinungen nachzufragen lehren, wie endlich dem Praktiker durch ausführlichere Besprechung, namentlich der für die Garten- und Landwirtschaft wichtigen mikroskopischen Schädlinge dienen. Um auch zu selbständigem Beobachten und Forschen anzuregen, werden die mikroskopischen Untersuchungen und die Beschaffung geeigneten Materials besonders behandelt.

——— Unsere wichtigsten Kulturpflanzen (die Getreidegräser). Sechs Vorträge aus der Pflanzenkunde. Von Professor Dr. Karl Giesenhagen. 2. Auflage. Mit 38 Figuren im Text. (Nr. 10.)

Behandelt die Getreidepflanzen und ihren Anbau nach botanischen wie kulturgeschichtlichen Gesichtspunkten, damit zugleich in anschaulichster Form allgemeine botanische Kenntnisse vermittelnd.

——— s. a. Chemie; Kaffee; Landwirtschaft; Meeresforschung; Obstbau; Organismen; Plankton; Tierleben.

Philosophie. Die Philosophie. Einführung in die Wissenschaft, ihr Wesen und ihre Probleme. Von Realschuldirektor Hans Richert. (Nr. 186.)

Will vor allem als Einführung in die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Studium der Philosophie dienen, deren Stellung im modernen Geistesleben bestimmend in der Behandlung der philosophischen Grundprobleme, des der Erkenntnis, des metaphysischen, des ethischen und ästhetischen Problems, die Lösungsversuche gruppieren und charakterisieren, in die Literatur der betreffenden Fragen einführen, zu weiterer Vertiefung anregen und die richtigen Wege zu ihr zeigen.

——— Einführung in die Philosophie. Sechs Vorträge von Professor Dr. Raoul Richter. (Nr. 155.)

Bietet eine gemeinverständliche Darstellung der philosophischen Hauptprobleme und der Richtung ihrer Lösung, insbesondere des Erkenntnisproblems und nimmt dabei zu den Standpunkten des Materialismus, Spiritualismus, Theismus und Pantheismus Stellung, um zum Schlusse die religions- und moralphilosophischen Fragen zu beleuchten.

——— Führende Denker. Geschichtliche Einleitung in die Philosophie. Von Professor Dr. Jonas Cohn. Mit 6 Bildnissen. (Nr. 176.)

Will durch Geschichte in die Philosophie einführen, indem es von sechs großen Denkern das für die Philosophie dauernd Bedeutende herauszuarbeiten sucht aus der Überzeugung, daß die Philosophie im Laufe ihrer Entwicklung mehr als eine Summe geistreicher Einfälle hervorgebracht hat, und daß andererseits aus der Kenntnis der Persönlichkeiten am besten das Verständnis für ihre Gedanken zu gewinnen ist. So werden die scheinbar entlegenen und lebensfremden Gedanken aus der Seele führender, die drei fruchtbarsten Zeitalter in der Geschichte des philosophischen Denkens vertretender Geisteshelden heraus in ihrer inneren, lebendigen Bedeutung nahe zu bringen gesucht, Sokrates und Platon, Descartes und Spinoza, Kant und Fichte in diesem Sinne behandelt.

——— Die Philosophie der Gegenwart in Deutschland. Eine Charakteristik ihrer Hauptrichtungen. Von Prof. Dr. Oswald Külpe. 4. Auflage. (Nr. 41.)

Schildert die vier Hauptrichtungen der deutschen Philosophie der Gegenwart, den Positivismus, Materialismus, Naturalismus und Idealismus, nicht nur im allgemeinen, sondern auch durch eingehendere Würdigung einzelner typischer Vertreter wie Mach und Dühring, Haeckel, Nietzsche, Fechner, Lotze, v. Hartmann und Wundt.

——— s. a. Buddha; Energie; Herbart; Kant; Lebensanschauungen; Menschenleben; Mystik; Religion; Romantik; Rousseau; Schopenhauer; Spencer; Weltanschauung; Weltproblem.

Photochemie. Von Prof. Dr. Gottfried Kümmell. Mit 23 Abb. (Nr. 227.)
Erklärt in einer für jeden verständlichen Darstellung die chemischen Vorgänge und Gesetze der Einwirkung des Lichtes auf die verschiedenen Substanzen und ihre praktische Anwendung, besonders in der Photographie, bis zu dem jüngsten Verfahren der Farbenphotographie.

Physik s. Energie; Erde; Licht; Mikroskop; Moleküle; Naturlehre; Optik; Spektroskopie; Stereoskop; Strahlen; Wärme.

Physiologie s. Anatomie; Auge; Ernährung; Geistesleben; Gesundheitslehre; Mensch; Sinne; Stimme; Zahnpflege.

Planeten. Die Planeten. Von Prof. Dr. Br. Peter. Mit 18 Fig. (Nr. 240.)
Gibt eine nach dem heutigen Stande unseres Wissens orientierte Schilderung der einzelnen Körper unseres Planetensystems, wobei Gestalt und Dimensionen der Planeten, ihre Rotationsverhältnisse, die Topographie ihrer Oberfläche und auch die Beschaffenheit der sie umgebenden Lufthülle, ebenso wie ihr Aggregatzustand, soweit Spektralanalyse und Photometrie über sie Aufschluß zu geben vermögen, und die sie begleitenden Trabanten in den Kreis der Betrachtung gezogen werden und wobei der Weg angegeben wird, der zur Erkenntnis der Beschaffenheit der Himmelskörper geführt hat.

Plankton. Das Süßwasser-Plankton. Einführung in die freischwebende Organismenwelt unserer Teiche, Flüsse und Seebecken. Von Dr. Otto Zacharias. Mit 49 Abbildungen. (Nr. 156.)
Gibt eine Anleitung zur Kenntnis der interessantesten Planktonorganismen, jener mikroskopisch kleinen und für die Existenz der höheren Lebewesen und für die Naturgeschichte der Gewässer so wichtigen Tiere und Pflanzen. Die wichtigsten Formen werden vorgeführt und die merkwürdigen Lebensverhältnisse und -bedingungen dieser unsichtbaren Welt einfach und doch vielseitig erörtert.

Plastik s. Altertum.

Polarforschung. Die Polarforschung. Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- und Südpol von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Von Professor Dr. Kurt Hassert. 2. umgearbeitete Auflage. Mit 6 Karten auf 2 Tafeln. (Nr. 38.)
Das in der neuen Auflage bis auf die Gegenwart fortgeführte und im einzelnen nicht unerheblich umgestaltete Buch faßt in gedrängtem Überblick die Hauptergebnisse der Nord- und Südpolarforschung zusammen. Nach gemeinverständlicher Erörterung der Ziele arktischer und antarktischer Forschung werden die Polarreisen selbst von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart geschildert unter besonderer Berücksichtigung der topographischen Ergebnisse.

Politik s. England; Friedensbewegung; Geschichte; Internationalismus; Kolonisation.

Pompeji, eine hellenistische Stadt in Italien. Von Hofrat Professor Dr. Friedrich v. Duhn. Mit 62 Abbildungen und 1 Tafel. (Nr. 114.)
Sucht, durch zahlreiche Abbildungen unterstützt, an dem besonders greifbaren Beispiel Pompejis die Übertragung der griechischen Kultur und Kunst nach Italien, ihr Werden zur Weltkultur und Weltkunst verständlich zu machen, wobei die Hauptphasen der Entwicklung Pompejis, immer im Hinblick auf die gestaltende Bedeutung, die gerade der Hellenismus für die Ausbildung der Stadt, ihrer Lebens- und Kunstformen gehabt hat, zur Darstellung gelangen.

Post. Das Postwesen, seine Entwicklung und Bedeutung. Von Postrat Johannes Bruns. (Nr. 165.)
Schildert, immer unter besonderer Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung, die Post als Staatsverkehrsanstalt, ihre Organisation und ihren Wirkungskreis, das Tarif- und Gebührenwesen, die Beförderungsmittel, den Betriebsdienst, den Weltpostverein sowie die deutsche Post im In- und Ausland.

——— s. a. Telegraphie.

Preußen s. Friedrich der Große.

Psychologie s. Geistesleben; Hypnotismus; Kind; Kriminalpsychologie; Mensch; Nervensystem; Seele; Verbrechen.

Recht. Moderne Rechtsprobleme. Von Professor Josef Kohler. (Nr. 128.)
Behandelt nach einem einleitenden Abschnitte über Rechtsphilosophie die wichtigsten und interessantesten Probleme der modernen Rechtspflege, insbesondere die des Strafrechts, des Strafprozesses, des Genossenschaftsrechts, des Zivilprozesses und des Völkerrechtes.

——— Die Jurisprudenz im häuslichen Leben. Für Familie und Haushalt dargestellt von Rechtsanwalt Paul Bienengräber. 2 Bände. (Nr. 219. 220.)

Band I: Die Familie. (Nr. 219.)
Band II: Der Haushalt. (Nr. 220.)

Behandelt in anregender, durch zahlreiche, dem täglichen Leben entnommene Beispiele belebter Darstellung alle in Familie und Haushalt vorkommenden Rechtsfragen und Rechtsfälle, so Rechtsfähigkeit der Ehegatten und der Kinder, Annahme an Kindesstatt und Erbrecht, ferner die für Rechtsgeschäfte geltenden allgemeinen Grundsätze sowie insbesondere Besitz und Eigentum, Kauf und Darlehen, Werk- und Dienstvertrag und namentlich auch die Rechtsverhältnisse der Dienstboten.

——— s. a. Eherecht; Gewerbe; Kriminalpsychologie; Mietrecht; Wahlrecht.

Religion. Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte. Von Professor Dr. Friedrich Giesebrecht. 2. Auflage. (Nr. 52.)
Schildert, wie Israels Religion entsteht, wie sie die nationale Schale sprengt, um in den Propheten die Ansätze einer Menschheitsreligion auszubilden, wie auch diese neue Religion sich verpuppt in die Formen eines Priesterstaats.

——— Religion und Naturwissenschaft in Kampf und Frieden. Ein geschichtlicher Rückblick von Dr. August Pfannkuche. (Nr. 141.)
Will durch geschichtliche Darstellung der Beziehungen beider Gebiete eine vorurteilsfreie Beurteilung des heiß umstrittenen Problems ermöglichen. Ausgehend von der ursprünglichen Einheit von Religion und Naturerkennen in den Naturreligionen schildert der Verfasser das Entstehen der Naturwissenschaft in Griechenland und der Religion in Israel, um dann zu zeigen, wie aus der Verschwisterung beider jene ergreifenden Konflikte erwachsen, die sich besonders an die Namen von Kopernikus und Darwin knüpfen.

——— Die religiösen Strömungen der Gegenwart. Von Superintendenten D. August Heinrich Braasch. (Nr. 66.)
Will die gegenwärtige religiöse Lage nach ihren bedeutsamen Seiten hin darlegen und ihr geschichtliches Verständnis vermitteln; die markanten Persönlichkeiten und Richtungen, die durch wissenschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung gestellten Probleme wie die Ergebnisse der Forschung, der Ultramontanismus wie die christliche Liebestätigkeit gelangen zur Behandlung.

——— Die Stellung der Religion im Geistesleben. Von Lic. Dr. Paul Kalweit. (Nr. 225.)
Will die Eigenart der Religion und zugleich ihren Zusammenhang mit dem übrigen Geistesleben, insbesondere Wissenschaft, Sittlichkeit und Kunst aufzeigen, mit der Erörterung der für das Problem bedeutsamsten religionsphilosophischen und theologischen Anschauungen, wobei Kant, Fries, Schleiermacher, Hegel, Kierkegaard, Cohen, Natorp, Eucken u. a. Berücksichtigung finden.

——— s. a. Bibel; Buchgewerbe; Buddha; Calvin; Christentum; Germanen; Jesuiten; Jesus; Luther; Mystik; Palästina.

Rembrandt. Von Professor Dr. Paul Schubring. Mit einem Titelbild und 49 Abbildungen. (Nr. 158.)
Eine durch zahlreiche Abbildungen unterstützte lebensvolle Schilderung des menschlichen und künstlerischen Entwicklungsganges Rembrandts. Zur Darstellung gelangen seine persönlichen Schicksale bis 1642, die Frühzeit, die Zeit bis zu Saskias Tode, die Nachtwache, Rembrandts Verhältnis zur Bibel, die Radierungen, Urkundliches über die Zeit nach 1642, die Periode des farbigen Helldunkels, die Gemälde nach der Nachtwache und die Spätzeit. Beigefügt sind die beiden ältesten Biographien Rembrandts.

Revolution 1848 s. Geschichte.

Rom. Soziale Kämpfe im alten Rom. Von Privatdozenten Dr. Leo Bloch. 2. Auflage. (Nr. 22.)
Behandelt die Sozialgeschichte Roms, soweit sie mit Rücksicht auf die die Gegenwart bewegenden Fragen von allgemeinem Interesse ist. Insbesondere gelangen die durch die Großmachtstellung Roms bedingte Entstehung neuer sozialer Unterschiede, die Herrschaft des Amtsadels und des Kapitals, auf der anderen Seite eines großstädtischen Proletariats zur Darstellung, die ein Ausblick auf die Lösung der Parteikämpfe durch die Monarchie beschließt.

——— s. a. Altertum; Soziale Bewegungen.

Romantik. Deutsche Romantik. Eine Skizze von Professor Dr. Oskar F. Walzel. (Nr. 232.)
Gibt vom Standpunkte der durch die neuesten Forschungsergebnisse völlig umgestalteten Betrachtungsweise auf Grund eigener Forschungen des Verfassers in gedrängter, klarer Form ein Bild jener Epoche, insbesondere der sogenannten Frühromantik, in deren Mittelpunkt Friedrich Schlegel und Karoline stehen, deren Wichtigkeit für das Bewußtsein der Herkunft unserer wichtigsten treibenden Gedanken ständig wächst und die an Reichtum der Gefühle, Gedanken und Erlebnisse von keiner anderen übertroffen wird.

——— s. a. Literaturgeschichte; Musik.

Rousseau. Von Professor Dr. Paul Hensel. Mit 1 Bildnisse Rousseaus. (Nr. 180.)
Diese Darstellung Rousseaus will diejenigen Seiten der Lebensarbeit des großen Genfers hervorheben, welche für die Entwicklung des deutschen Idealismus bedeutungsvoll gewesen sind, seine Bedeutung darin erkennen lassen, daß er für Goethe, Schiller, Herder, Kant, Fichte die unumgängliche Voraussetzung bildet. In diesem Sinne werden nach einer kurzen Charakterskizze Rousseaus die Geschichtsphilosophie, die Rechtsphilosophie, die Erziehungslehre, der von Rousseau neugeschaffene Roman und die Religionsphilosophie dargestellt.

——— s. a. Philosophie.

Sage s. Volkssage.

Sarkophage s. Altertum.

Säugling. Der Säugling, seine Ernährung und seine Pflege. Von Dr. Walter Kaupe. Mit 17 Abbildungen. (Nr. 154.)
Will der jungen Mutter oder Pflegerin in allen Fragen, mit denen sie sich im Interesse des kleinen Erdenbürgers beschäftigen müssen, den nötigen Rat erteilen. Außer der allgemeinen geistigen und körperlichen Pflege des Kindchens wird besonders die natürliche und künstliche Ernährung behandelt und für alle diese Fälle zugleich praktische Anleitung gegeben.

Schachspiel. Das Schachspiel und seine strategischen Prinzipien. Von Dr. Max Lange. (Nr. 281.)
Sucht durch eingehende, leichtverständliche Einführung in die Spielgesetze sowie durch eine größere, mit Erläuterungen versehene Auswahl interessanter Schachgänge berühmter Meister diesem anregendsten und geistreichsten aller Spiele neue Freunde und Anhänger zu werben.

Schiffahrt. Deutsche Schiffahrt und Schiffahrtspolitik der Gegenwart. Von Professor Dr. Karl Thieß. (Nr. 169.)
Verfasser will weiteren Kreisen eine genaue Kenntnis unserer Schiffahrt erschließen, indem er in leicht faßlicher und doch erschöpfender Darstellung einen allgemeinen Überblick über das gesamte deutsche Schiffswesen gibt mit besonderer Berücksichtigung seiner geschichtlichen Entwicklung und seiner großen volkswirtschaftlichen Bedeutung.

——— s. a. Nautik; Verkehrsentwicklung.

Schiller. Von Professor Dr. Theodor Ziegler. Mit dem Bildnis Schillers von Kügelgen in Heliogravüre. (Nr. 74.)
Gedacht als eine Einführung in das Verständnis von Schillers Werdegang und Werken, behandelt das Büchlein vor allem die Dramen Schillers und sein Leben, daneben aber auch einzelne seiner lyrischen Gedichte und die historischen und die philosophischen Studien als ein wichtiges Glied in der Kette seiner Entwicklung.

Schopenhauer. Seine Persönlichkeit, seine Lehre, seine Bedeutung. Sechs Vorträge von Realschuldirektor Hans Richert. 2. Auflage. Mit dem Bildnis Schopenhauers. (Nr. 81.)
Unterrichtet über Schopenhauer in seinem Werden, seinen Werken und deren Fortwirken, in seiner historischen Bedingtheit und seiner bleibenden Bedeutung, indem es eine gründliche Einführung in die Schriften Schopenhauers und zugleich einen zusammenfassenden Überblick über das Ganze seines philosophischen Systems gibt.
——— s. a. Philosophie.

Schriftwesen. Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Professor Dr. O. Weise. 2. Auflage. Mit 37 Abbildungen. (Nr. 4.)
Verfolgt durch mehr als vier Jahrtausende Schrift-, Brief- und Zeitungswesen, Buchhandel und Bibliotheken; wir hören von den Bibliotheken der Babylonier, von den Zeitungen im alten Rom, vor allem aber von der großartigen Entwicklung, die „Schrift- und Buchwesen" in der neuesten Zeit, insbesondere seit Erfindung der Buchdruckerkunst genommen haben.
——— s. a. Buchgewerbe.

Schulhygiene. Von Privatdozenten Dr. Leo Burgerstein. Mit einem Bildnis und 33 Figuren. (Nr. 96.)
Bietet eine auf den Forschungen und Erfahrungen in den verschiedensten Kulturländern beruhende Darstellung, die ebenso die Hygiene des Unterrichts und Schullebens wie jene des Hauses, die im Zusammenhang mit der Schule stehenden modernen materiellen Wohlfahrtseinrichtungen, endlich die hygienische Unterweisung der Jugend, die Hygiene des Lehrers und die Schularztfrage behandelt.

Schulwesen. Geschichte des deutschen Schulwesens. Von Oberrealschuldirektor Dr. Karl Knabe. (Nr. 85.)
Stellt die Entwicklung des deutschen Schulwesens in seinen Hauptperioden dar und bringt so die Anfänge des deutschen Schulwesens, Scholastik, Humanismus, Reformation, Gegenreformation, neue Bildungsziele, Pietismus, Philanthropismus, Aufklärung, Neuhumanismus, Prinzip der allseitigen Ausbildung vermittels einer Anstalt, Teilung der Arbeit und den nationalen Humanismus der Gegenwart zur Darstellung.
——— Schulkämpfe der Gegenwart. Vorträge zum Kampf um die Volksschule in Preußen, gehalten in der Humboldt-Akademie in Berlin. Von Johannes Tews. (Nr. 111.)
Knapp und doch umfassend stellt der Verfasser die Probleme dar, um die es sich bei der Reorganisation der Volksschule handelt, deren Stellung zu Staat und Kirche, deren Abhängigkeit von Zeitgeist und Zeitbedürfnissen, deren Wichtigkeit für die Herausgestaltung einer volksfreundlichen Gesamtkultur scharf beleuchtet werden.
——— Volksschule und Lehrerbildung der Vereinigten Staaten in ihren hervortretenden Zügen. Reiseeindrücke. Von Direktor Dr. Franz Kuypers. Mit einem Titelbild und 48 Abbildungen. (Nr. 150.)
Schildert anschaulich das Schulwesen vom Kindergarten bis zur Hochschule, überall das Wesentliche der amerikanischen Erziehungsweise (die stete Erziehung zum Leben, das Wecken des Betätigungstriebes, das Hindrängen auf praktische Verwertung usw.) hervorhebend und unter dem Gesichtspunkte der Beobachtungen an unserer schulentlassenen Jugend in den Fortbildungsschulen zum Vergleich mit der heimischen Unterrichtsweise anregend.
——— s. a. Bildungswesen; Erziehung; Fortbildungsschulwesen; Fröbel; Hilfsschulwesen; Hochschulen; Jugendfürsorge; Kind; Mädchenschule; Pädagogik; Pestalozzi; Schulhygiene; Student; Universität.

Seekrieg s. Kriegswesen.

Seele. Die Seele des Menschen. Von Professor Dr. Johannes Rehmke. 3. Auflage. (Nr. 36.)
Behandelt, von der Tatsache ausgehend, daß der Mensch eine Seele habe, die ebenso gewiß sei wie die andere, daß der Körper eine Gestalt habe, das Seelenwesen und das Seelenleben und erörtert, unter Abwehr der materialistischen und halbmaterialistischen Anschauungen, von dem Standpunkt aus, daß die Seele ein Unkörperliches, Immaterielles sei, nicht etwa eine Bestimmtheit des menschlichen Einzelwesens, auch nicht eine Wirkung oder eine „Funktion" des Gehirns, die verschiedenen Tätigkeitsäußerungen des als Seele Erkannten.

Shakespeare. Shakespeare und seine Zeit. Von Professor Dr. Ernst Sieper. Mit 3 Tafeln und 3 Textbildern. (Nr. 185.)
Eine „Einführung in Shakespeare“, die ein tieferes Verständnis seiner Werke aus der Kenntnis der Zeitverhältnisse wie des Lebens des Dichters gewinnen lassen will, die Chronologie der Dramen festzustellen, die verschiedenen Perioden seines dichterischen Schaffens zu charakterisieren und so zu einer Gesamtwürdigung Shakespeares, der Eigenart und ethischen Wirkung seiner Dramen zu gelangen sucht.

Sinne. Die fünf Sinne des Menschen. Von Professor Dr. Josef Klemens Kreibig. 2. verb. Auflage. Mit 30 Abbildungen. (Nr. 27.)
Beantwortet die Fragen über die Bedeutung, Anzahl, Benennung und Leistungen der Sinne in gemeinfaßlicher Weise, indem das Organ und seine Funktionsweise, dann die als Reiz wirkenden äußeren Ursachen und zuletzt der Inhalt, die Stärke, das räumliche und zeitliche Merkmal der Empfindungen besprochen werden.

——— s. a. Geistesleben; Tierleben.

Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von Gustav Maier. 3. Aufl. (Nr. 2.)
In einer geschichtlichen Betrachtung, die mit den altorientalischen Kulturvölkern beginnt, werden an den zwei großen wirtschaftlichen Schriften Platos die Wirtschaft der Griechen, an der Gracchischen Bewegung die der Römer beleuchtet, ferner die Utopie des Thomas Morus, andererseits der Bauernkrieg behandelt, die Bestrebungen Colberts und das Merkantilsystem, die Physiokraten und die ersten wissenschaftlichen Staatswirtschaftslehrer gewürdigt und über die Entstehung des Sozialismus und die Anfänge der neueren Handels-, Zoll- und Verkehrspolitik aufgeklärt.

——— Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrhundert. Von Dr. Friedrich Muckle. (Nr. 269, 270.)
I: Der rationale Sozialismus. II: Proudhon u. der entwicklungsgeschichtliche Sozialismus. Gibt zugleich mit warmem Verständnis und besonnener Kritik eine klar überblickbare Darstellung der sozialistischen Systeme und ihre Entwicklung von rationalistischen und utopistischen Anfängen bei Owen, Fourier, Weitling und anderen, über Proudhon, Saint-Simon und Rodbertus zu dem großen System Karl Marx, das durch die heutige Sozialdemokratie Weltherrschaft erlangt hat.

——— s. a. Arbeiterschutz; Arzt; Frauenarbeit; Frauenbewegung; Internationalismus; Kolonisation; Konsumgenossenschaft; Rom.

Spektroskopie. Von Dr. L. Grebe in Bonn. (Nr. 284.)
Gibt eine allgemeinverständliche Einführung und Übersicht des Gesamt-Gebietes der Spektroskopie, indem es nach einer kurzen Übersicht über ihre Geschichte, die spektroskopischen Apparate und Methoden, die so wichtigen und interessanten Ergebnisse spektroskopischer Forschung und endlich die weittragenden Anwendungen der Spektroskopie auf den verschiedenen Gebieten, vor allem dem der Astrophysik, schildert.

Spencer. Herbert Spencer. Von Dr. Karl Schwarze. Mit dem Bildnis Spencers. (Nr. 245.)
Gibt nach einer biographischen Einleitung eine ausführliche Darstellung des auf dem Entwicklungsgedanken aufgebauten Systemes Herbert Spencers nach seinen verschiedenen Seiten, nämlich philosophische Grundlegung, Biologie, Psychologie, Soziologie und Ethik, die überall die leitenden Gedanken scharf hervortreten läßt.

Spiele s. Mathematik, Schachspiel.

Sprache. Die Sprachstämme des Erdkreises. Von Prof. Dr. Franz Nikolaus Finck in Berlin. (Nr. 267.)
Sucht vom Standpunkt der neuesten sprachgeschichtlichen Forschung aus, sowie gestützt auf reiches Tatsachenmaterial einen umfassenden Überblick über die auf Erden vorhandenen Sprachidiome zu bieten und ihre Fülle auf größere Spracheinheiten zurückzuführen, indem es, ausgehend von der ethnographischen Einteilung der Menschheit in kaukasische, mongolische, amerikanische und äthiopische Rasse die einzelnen Sprachstämme in ihren weiten Verzweigungen darlegt und die gegenseitigen Zusammenhänge aufzeigt.

——— Die Haupttypen des menschlichen Sprachbaues. Von Prof. Dr. Franz Nikolaus Finck. (Nr. 268.)
Vermittelt einen unmittelbaren Eindruck der sechs Haupttypen, nach denen sich alle Sprachen der Erde ordnen lassen, dadurch, daß es dem Leser ein charakteristisches Textstück je einer der

die Typen repräsentierenden Sprachen selbst vorlegt und durch eine neue Art eindringender Analyse zugleich jedem ein unmittelbares Verständnis des Textes und einen Überblick über die in der betr. Sprache herrschenden allgemeinen Gesetze und individuellen Besonderheiten ermöglicht.

Sprache s. a. Muttersprache; Stimme.

Sprengstoffe. Chemie und Technologie der Sprengstoffe. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Rud. Biedermann. (Nr. 286.)
Gibt, durch zahlreiche Abbildungen unterstützt, eine allgemeinverständliche, umfassende Schilderung des Gebietes der Sprengstoffe, ihrer Geschichte und ihrer Herstellung bis zur modernen Sprengstoffgroßindustrie, ihrer Fabrikation, Zusammensetzung und Wirkungsweise, sowie ihrer Anwendung auf den verschiedenen Gebieten.

Städtewesen. Die Städte. Geographisch betrachtet. Von Professor Dr. Kurt Hassert. Mit 21 Abbildungen. (Nr. 163.)
Behandelt als Versuch einer allgemeinen Geographie der Städte einen der wichtigsten Abschnitte der Siedlungskunde, erörtert die Ursache des Entstehens, Wachsens und Vergehens der Städte, charakterisiert ihre landwirtschaftliche und Verkehrs-Bedeutung als Grundlage der Großstadtbildung und schildert das Städtebild als geographische Erscheinung.

——— Deutsche Städte und Bürger im Mittelalter. Von Prof. Dr. B. Heil. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen und 1 Doppeltafel. (Nr. 43.)
Stellt die geschichtliche Entwicklung dar, schildert die wirtschaftlichen, sozialen und staatsrechtlichen Verhältnisse und gibt ein zusammenfassendes Bild von der äußeren Erscheinung und dem inneren Leben der deutschen Städte.

——— Historische Städtebilder aus Holland und Niederdeutschland. Vorträge gehalten bei der Oberschulbehörde zu Hamburg. Von Regierungs-Baumeister a. D. Albert Erbe. Mit 59 Abbildungen. (Nr. 117.)
Will dem als Zeichen wachsenden Kunstverständnisses zu begrüßenden Sinn für die Reize der alten malerischen Städtebilder durch eine mit Abbildungen reich unterstützte Schilderung der so eigenartigen und vielfachen Herrlichkeit Alt-Hollands wie Niederdeutschlands, ferner Danzigs, Lübecks, Bremens und Hamburgs nicht nur vom rein künstlerischen, sondern auch vom kulturgeschichtlichen Standpunkt aus entgegenkommen.

——— s. a. Altertum; Gartenstadtbewegung; Pompeji.

Statistik s. Bevölkerungslehre.

Stereoskop. Das Stereoskop und seine Anwendungen. Von Professor Theodor Hartwig. Mit 40 Abb. und 19 stereoskopischen Tafeln. (Nr. 135.)
Behandelt die verschiedenen Erscheinungen und praktischen Anwendungen der Stereoskopie, insbesondere die stereoskopischen Himmelsphotographien, die stereoskopische Darstellung mikroskopischer Objekte, das Stereoskop als Meßinstrument und die Bedeutung und Anwendung des Stereokomparators, insbesondere in bezug auf photogrammetrische Messungen. Beigegeben sind 19 stereoskopische Tafeln.

——— s. a. Mikroskop; Optik.

Stimme. Die menschliche Stimme und ihre Hygiene. Sieben volkstümliche Vorlesungen. Von Prof. Dr. Paul H. Gerber. Mit 20 Abb. (Nr. 136.)
Nach den notwendigsten Erörterungen über das Zustandekommen und über die Natur der Töne werden der Kehlkopf des Menschen, sein Bau, seine Verrichtungen und seine Funktion als musikalisches Instrument behandelt; dann werden die Gesang- und die Sprechstimme, ihre Ausbildung, ihre Fehler und Erkrankungen sowie deren Verhütung und Behandlung, insbesondere Erkältungskrankheiten, die professionelle Stimmschwäche, der Alkoholeinfluß und die Abhärtung erörtert.

——— s. a. Sprache.

Strahlen. Sichtbare und unsichtbare Strahlen. Von Professor Dr. Richard Börnstein und Prof. Dr. W. Marckwald. Mit 82 Abb. (Nr. 64.)
Schildert die verschiedenen Arten der Strahlen, darunter die Kathoden- und Röntgenstrahlen, die Hertzschen Wellen, die Strahlungen der radioaktiven Körper (Uran und Radium) nach ihrer Entstehung und Wirkungsweise, unter Darstellung der charakteristischen Vorgänge der Strahlung.

——— s. a. Licht.

Student. Der Leipziger Student von 1409—1909. Von Dr. Wilhelm Bruchmüller. Mit 24 Abbildungen. (Nr. 273.)
Gibt als Festgabe zum 500jährigen Jubiläum der Universität Leipzig eine Geschichte des auch für die allgemeine Entwickelung bedeutsamen Leipziger Studententums in diesem halben Jahrtausend sowohl nach seinen inneren, geistigen und sozialen Tendenzen, als nach seinen äußeren Erscheinungsformen, wobei die Darstellung durch Anführung zahlreicher kulturhistorischer Quellen und Bilder belebt und ergänzt wird.

——— s. a. Bildungswesen; Erziehung; Pädagogik; Schulwesen; Universität; Unterrichtswesen.

Süßwasser-Plankton s. Plankton.

Technik. Am sausenden Webstuhl der Zeit. Übersicht über die Wirkungen der Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik auf das gesamte Kulturleben. Von Geh. Regierungsrat Professor Dr. Wilhelm Launhardt. 2. Auflage. Mit 16 Abbildungen und auf 5 Tafeln. (Nr. 23).
Ein geistreicher Rückblick auf die Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik, der die Weltwunder unserer Zeit verdankt werden.

——— s. a. Automobil; Beleuchtungsarten; Buchgewerbe; Chemie; Dampf; Eisenbahnen; Eisenbetonbau; Eisenhüttenwesen; Elektrochemie; Elektrotechnik; Funkentelegraphie; Gewerbe; Hebezeuge; Heizung (und Lüftung); Ingenieurtechnik; Krieg; Luftschiffahrt; Metalle; Mikroskop; Pflanzen; Post; Rechtsschutz; Sprengstoffe; Stereoskop; Technische Hochschulen; Telegraphie; Uhr; Wärmekraftmaschinen; Wasserkraftmaschinen.

Technische Hochschulen in Nordamerika. Von Professor Siegmund Müller. Mit zahlreichen Abbildungen, einer Karte und einem Lageplan. (Nr. 190.)
Gibt, von lehrreichen Abbildungen unterstützt, einen anschaulichen Überblick über Organisation, Ausstattung und Unterrichtsbetrieb der amerikanischen technischen Hochschulen unter besonderer Hervorhebung der sie kennzeichnenden Merkmale: enge Fühlung zwischen Lehrern und Studierenden und vorwiegend praktische Tätigkeit in Laboratorien und Werkstätten.

Tee s. Botanik; Kaffee.

Telegraphie. Die Telegraphie in ihrer Entwicklung und Bedeutung. Von Postrat Johannes Bruns. Mit 4 Figuren. (Nr. 183.)
Gibt auf der Grundlage eingehender praktischer Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse einen Einblick in das für die heutige Kultur so bedeutungsvolle Gebiet der Telegraphie und seine großartigen Fortschritte. Nach einem Überblick über die Entwicklung dieses Nachrichtenwesens aus seinen akustischen und optischen Anfängen werden zunächst die internationalen und nationalen rechtlichen, danach die technischen Grundlagen (Stromquellen, Leitungen, Apparate usw.) behandelt, sodann die Organisation des Fernsprechwesens, die Unterseekabel, die großen festländischen Telegraphenlinien und die einzelnen Zweige des Telegraphen- und Fernsprechbetriebsdienstes erörtert.

——— Die Entwicklung der Telegraphen- und Fernsprechtechnik. Von Telegrapheninspektor Helmut Brick. Mit 58 Abbildungen. (Nr. 235.)
Schildert den Entwicklungsgang der Telegraphen- und Fernsprechtechnik von Flammenzeichen und Rufposten bis zum modernen Mehrfach- und Maschinentelegraphen und von Philipp Reis' und Graham Bells Erfindung bis zur Einrichtung unserer großen Fernsprechämter. In kurzen Abschnitten wird auch die Anwendung von Telegraph und Fernsprecher im Heere, im Eisenbahnbetriebe u. a. m. besprochen. Die für das Verständnis der Wirkungsweise von Apparaten und Stromquellen nötige Darstellung der physikalischen und chemischen Grundlagen ist kurz und gemeinverständlich gegeben, und ebenso ist, ohne durch technische Einzelheiten zu ermüden, bei allen Apparaten und Schaltungen das Prinzip dargestellt.

——— s. a. Elektrotechnik; Funkentelegraphie.

Theater. Das Theater. Schauspielhaus und Schauspielkunst vom griechischen Altertum bis auf die Gegenwart. Von Dr. Christian Gaehde. Mit 20 Abbildungen. (Nr. 230.)
Eine Darstellung zugleich des Theaterbaus und der Schauspielkunst vom griechischen Altertum bis auf die Gegenwart, wobei ebenso die Zusammenhänge der klassisch-griechischen Darstellungskunst und Theaterarchitektur mit dem Spiel der wandernden Mimen des Mittelalters und dem Theaterbau der Renaissance aufgezeigt, wie die ganze Entwicklung des modernen deutschen Theaters von den Bestrebungen der Neuberin bis zum heutigen „Impressionismus" aus ihren geschichtlichen und psychologischen Bedingungen verständlich zu machen gesucht wird.

Theologie s. Bibel; Buddha; Calvin; Christentum; Jesus; Jesuiten; Luther; Mystik; Palästina; Religion.

Tierleben. Tierkunde. Eine Einführung in die Zoologie. Von Privatdozent Dr. Kurt Hennings. Mit 34 Abbildungen. (Nr. 142.)
Will die Einheitlichkeit des gesamten Tierreiches zum Ausdruck bringen, Bewegung und Empfindung, Stoffwechsel und Fortpflanzung als die charakterisierenden Eigenschaften aller Tiere darstellen und sodann die Tätigkeit des Tierleibes aus seinem Bau verständlich machen, wobei der Schwerpunkt der Darstellung auf die Lebensweise der Tiere gelegt ist. So werden nach einem Vergleich der drei Naturreiche die Bestandteile des tierischen Körpers behandelt, sodann ein Überblick über die sieben großen Kreise des Tierreiches gegeben, ferner Bewegung und Bewegungsorgane, Aufenthaltsort, Bewußtsein und Empfindung, Nervensystem und Sinnesorgane, Stoffwechsel, Fortpflanzung und Entwicklung erörtert.

——— Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der Wirbeltiere. Von Professor Dr. Wilhelm Lubosch. (Nr. 282.)
Behandelt in gemeinverständlicher Darstellung eines Fachmannes eines der interessantesten und für die Entwicklungsgeschichte des Menschen wichtigsten Kapitel des modernen Forschungszweiges der vergleichenden Anatomie, welche die eigentliche wissenschaftliche Grundlage der gesamten Deszendenz-Theorie bildet, nämlich die Entstehungsgeschichte der Geruchs-, Tast-, Geschmacks- und Gesichtsorgane bei den Wirbeltieren, wobei auch die Entwicklung der betreffenden einfachen Organe der wirbellosen Tiere berücksichtigt wird.

——— Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt (Dimorphismus). Von Dr. Friedrich Knauer. Mit 37 Abbildungen. (Nr. 148.)
Zeigt, von der ungeschlechtlichen Fortpflanzung zahlreicher niederster Tiere ausgehend, wie sich aus diesem Hermaphroditismus allmählich die Zweigeschlechtigkeit herausgebildet hat und sich bei verschiedenen Tierarten zu auffälligstem geschlechtlichen Dimorphismus entwickelt, an interessanten Fällen solcher Verschiedenheit zwischen Männchen und Weibchen, wobei vielfach die Brutpflege in der Tierwelt und das Verhalten der Männchen zu derselben erörtert wird.

——— Lebensbedingungen und Verbreitung der Tiere. Von Professor Dr. Otto Maas. Mit Karten und Abbildungen. (Nr. 139.)
Lehrt das Verhältnis der Tierwelt zur Gesamtheit des Lebens auf der Erde verständnisvoll ahnen, zeigt die Tierwelt als einen Teil des organischen Erdganzen, die Abhängigkeit der Verbreitung des Tieres nicht nur von dessen Lebensbedingungen, sondern auch von der Erdgeschichte, ferner von Nahrung, Temperatur, Licht, Luft, Feuchtigkeit und Vegetation, wie von dem Eingreifen des Menschen und betrachtet als Ergebnis an der Hand von Karten die geographische Einteilung der Tierwelt auf der Erde nach besonderen Gebieten.

——— Die Tierwelt des Mikroskops (die Urtiere). Von Privatdozent Dr. Richard Goldschmidt. Mit 39 Abbildungen. (Nr. 160.)
Bietet nach dem Grundsatz, daß die Kenntnis des Einfachen grundlegend zum Verständnis des Kompliziertem ist, eine einführende Darstellung des Lebens und des Baues der Urtiere, dieses mikroskopisch kleinen, formenreichen, unendlich zahlreichen Geschlechtes der Tierwelt und stellt nicht nur eine anregende und durch Abbildungen instruktive Lektüre dar, sondern vermag namentlich auch zu eigener Beobachtung der wichtigen und interessanten Tatsachen vom Bau und aus dem Leben der Urtiere anzuregen.

——— Die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt. Von Professor Dr. K. Kraepelin. (Nr. 79.)
Stellt in großen Zügen eine Fülle wechselseitiger Beziehungen der Organismen zueinander dar. Familienleben und Staatenbildung der Tiere, wie die interessanten Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander werden geschildert.

——— s. a. Ameise; Bakterien; Befruchtungsvorgang; Fortpflanzung; Haustiere; Korallen; Meeresforschung; Mensch und Tier; Pflanzen; Plankton; Vogelleben.

Tonkunst s. Musik.

Tuberkulose. Die Tuberkulose, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Ursache, Verhütung und Heilung. Gemeinfaßlich dargestellt von Generaloberarzt Prof. Dr. Wilhelm Schumburg. Mit 1 Tafel und 8 Figuren. (Nr. 47.)
Schildert nach einem Überblick über die Verbreitung der Tuberkulose das Wesen derselben, beschäftigt sich eingehend mit dem Tuberkelbazillus, bespricht die Maßnahmen, durch die man ihn von sich fernhalten kann, und erörtert die Fragen der Heilung der Tuberkulose, vor allem die hygienisch-diätetische Behandlung in Sanatorien und Lungenheilstätten.

Turnen. Deutsches Ringen nach Kraft und Schönheit. Aus den literarischen Zeugnissen eines Jahrhunderts gesammelt. Von Turninspektor Karl Möller. In 2 Bänden.
I. Band: Von Schiller bis Lange. (Nr. 188.)
II. Band: In Vorbereitung.
Will für die die Gegenwart bewegenden Probleme einer harmonischen Entfaltung aller Kräfte des Körpers und Geistes die gewichtigsten Zeugnisse aus den Schriften unserer führenden Geister beibringen. Das erste Bändchen enthält Aussprüche und Aufsätze von Schiller, Goethe, Jean Paul, Gutsmuths, Jahn, Diesterweg, Roßmäßler, Spieß, Fr. Th. Vischer und Fr. A. Lange.

——— Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Professor Dr. Richard Zander. 2. Aufl. Mit 19 Abbildungen. (Nr. 13.)
Will darüber aufklären, weshalb und unter welchen Umständen die Leibesübungen segensreich wirken, indem es ihr Wesen, andererseits die in Betracht kommenden Organe bespricht; erörtert besonders die Wechselbeziehungen zwischen körperlicher und geistiger Arbeit, die Leibesübungen der Frauen, die Bedeutung des Sportes und die Gefahren der sportlichen Übertreibungen.

——— s. a. Gesundheitslehre.

Uhr. Die Uhr. Grundlagen und Technik der Zeitmessung. Von Reg.-Bauführer a. D. H. Bock. Mit 47 Abbildungen im Text. (Nr. 216.)
Behandelt Grundlagen und Technik der Zeitmessung, indem es, von den astronomischen Voraussetzungen der Zeitbestimmung und den wichtigsten Meßmethoden ausgehend, den wunderbaren Mechanismus der Zeitmesser einschließlich der feinen Präzisionsuhren auseinandersetzt und sowohl die theoretischen Grundlagen wie die wichtigsten Teile des Mechanismus selbst: die Hemmung, die Antriebskraft, das Zahnrädersystem, das Pendel und die Unruhe behandelt, unterstützt durch zahlreiche Zahlenbeispiele und technische Zeichnungen.

Universität. Die amerikanische Universität. Von Ph. D. Edward Delavan Perry. Mit 22 Abbildungen. (Nr. 206.)
Unterrichtet über die Entwicklung des gelehrten Unterrichts in Nordamerika, über Staats- und Privat-Universitäten, beleuchtet den Unterschied zwischen amerikanischen und deutschen Hochschulen der Wissenschaft, belehrt über die akademischen Grade, Würden, Stipendien und baulichen Einrichtungen, wie Laboratorien, Museen und Bibliotheken und zeigt Stätten und Leben der berühmtesten amerikanischen Hochschulen im Bilde.

——— s. a. Student.

Unterrichtswesen s. Bildungswesen; Erziehung; Hilfsschulwesen; Knabenhandarbeit; Jugendfürsorge; Mädchenschule; Pädagogik; Schulhygiene; Schulwesen; Student; Technische Hochschulen; Turnen; Universität.

Utilitarismus s. Lebensanschauungen.

Verbrechen und Aberglaube. Skizzen aus der volkskundlichen Kriminalistik. Von Kammergerichtsreferendar Dr. Albert Hellwig. (Nr. 212.)
Gibt interessante Bilder aus dem Gebiete des kriminellen Aberglaubens, z. B. von modernen Hexenprozessen, dem Vampyrglauben, von Besessenen und Geisteskranken, Wechselbälgen, Sympathiekuren, Blut und Menschenfleisch als Heilmittel, Totenfetische, verborgene Schätze, Meineidszeremonien, Kinderraub durch Zigeuner u. a. mehr.

——— s. a. Kriminalpsychologie.

Verfassung. Grundzüge der Verfassung des Deutschen Reiches. Sechs Vorträge von Professor Dr. Edgar Loening. 2. Auflage. (Nr. 34.)
Beabsichtigt in gemeinverständlicher Sprache in das Verfassungsrecht des Deutschen Reiches einzuführen, soweit dies für jeden Deutschen erforderlich ist, und durch Aufweisung des Zusammenhanges sowie durch geschichtliche Rückblicke und Vergleiche den richtigen Standpunkt für das Verständnis des geltenden Rechtes zu gewinnen.

——— s. a. Fürstentum.

Verkehrsentwicklung in Deutschland. 1800—1900. Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen und Binnenwasserstraßen, ihre Entwicklung und Verwaltung sowie ihre Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft von Professor Dr. Walter Lotz. 2. Auflage. (Nr. 15.)
Gibt nach einer kurzen Übersicht über die Hauptfortschritte in den Verkehrsmitteln und deren wirtschaftliche Wirkungen eine Geschichte des Eisenbahnwesens, schildert den heutigen Stand der Eisenbahnverfassung, das Güter- und das Personentarifwesen, die Reformversuche und die Reformfrage, ferner die Bedeutung der Binnenwasserstraßen und endlich die Wirkungen der modernen Verkehrsmittel.

——— s. a. Automobil; Eisenbahnen; Funkentelegraphie; Internationalismus; Krieg; Luftschiffahrt; Nautik; Post; Schiffahrt; Technik; Telegraphie.

Versicherung. Grundzüge des Versicherungswesens. Von Professor Dr. Alfred Manes. (Nr. 105.)
Behandelt sowohl die Stellung der Versicherung im Wirtschaftsleben, die Entwicklung der Versicherung, die Organisation ihrer Unternehmungsformen, den Geschäftsgang eines Versicherungsbetriebs, die Versicherungspolitik, das Versicherungsvertragsrecht und die Versicherungswissenschaft, als die einzelnen Zweige der Versicherung, wie Lebensversicherung, Unfallversicherung, Haftpflichtversicherung, Transportversicherung, Feuerversicherung, Hagelversicherung, Viehversicherung, kleinere Versicherungszweige, Rückversicherung.

——— s. a. Arbeiterschutz.

Vogelleben. Deutsches Vogelleben. Von Professor Dr. Alwin Voigt. (Nr. 221).
Schildert die gesamte deutsche Vogelwelt in der Verschiedenartigkeit der Daseinsbedingungen in den wechselnden Landschaften unserer deutschen Heimat, wobei besonders Wert auf die Kenntnis der Vogelstimmen gelegt wird, und es führt so in Stadt und Dorf, in den Schloßpark, in den Nadelwald, auf Feld und Wiesengelände, ins Heidemoor und den Kranichbruch, an die Bäche, Teiche und Seen und ins Hochgebirge.

Volksbildungswesen s. Bildungswesen.

Volkskunde. Deutsche Volksfeste und Volkssitten. Von Hermann S. Rehm. Mit 11 Abbildungen im Text. (Nr. 214).
Bietet mit der durch Abbildungen unterstützten Schilderung der Entstehung und Entwicklung der Volksfeste von seinem sittlichen Ernst, seinem gesunden Empfinden zeugende Bilder aus unserem Volksleben. Berücksichtigt ist der ganze Kreis der Feste: Weihnachts-, Oster- und Pfingstfest, Lichtmeß und Fasching, Frühjahrs- und Maifest, Johannis-, Silvester- und Neujahrsfeier, Kirchweih- und Schützenfest, Zunftleben und Bergmannsbrauch, wie Tauf-, Hochzeits- und Totenbräuche.

——— s. a. Aberglaube; Dorf; Haus; Verbrechen; Volkssage.

Volkslied. Das deutsche Volkslied. Über Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges. Von Privatdozent Dr. J. W. Bruinier. 3. umgearbeitete und vermehrte Auflage. (Nr. 7.)
Handelt in schwungvoller Darstellung vom Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges, unterrichtet über die deutsche Volksliederpflege in der Gegenwart, über Wesen und Ursprung des deutschen Volksgesanges, Skop und Spielmann, Geschichte und Mär, Leben und Liebe.

——— s. a. Lyrik.

Volkssage. Die deutsche Volkssage. Übersichtlich dargestellt. Von Dr. Otto Böckel. (Nr. 262.)

Bietet zum ersten Male eine vollständige Übersicht über die reichen Schätze der deutschen Volkssage, eines tief verschütteten Grundes deutscher Anschauungs- und Denkweise, indem es sie nach einer allgemeinen Einleitung über ihr Wesen und ihre Entstehung nach mythischen Sagen, historischen Sagen, Natur-Sagen, Zauber- und Schatz-Sagen, sagenhaften Volkssitten und humoristischen Sagen gruppiert darstellt, um mit einer Übersicht über die Quellen der deutschen Volkssagen, der Würdigung ihres Wertes für unser Volk und einer Aufforderung zum vollständigen Sammeln der hier zum Teil noch ungehoben liegenden Schätze zu schließen.

Volksstämme. Die deutschen Volksstämme und Landschaften. Von Professor Dr. Oskar Weise. 3. Auflage. Mit 29 Abbildungen im Text und auf 15 Tafeln. (Nr. 16.)

Schildert, durch eine gute Auswahl von Städte-, Landschafts- und anderen Bildern unterstützt, die Eigenart der deutschen Gaue und Stämme, die charakteristischen Eigentümlichkeiten der Landschaft, den Einfluß auf das Temperament und die geistige Anlage der Menschen, die Leistungen hervorragender Männer, Sitten und Gebräuche, Sagen und Märchen Besonderheiten in der Sprache und Hauseinrichtung u. a. m.

Volkswirtschaftslehre s. Altertum; Amerika; Arbeiterschutz; Bevölkerungslehre; Buchgewerbe; Deutschland; England; Frauenarbeit; Frauenbewegung; Handel; Japan; Internationalismus; Kolonisation; Konsumgenossenschaft; Landwirtschaft; Münze; Schiffahrt; Soziale Bewegungen; Verkehrsentwicklung; Versicherung; Weltwirtschaft; Wirtschaftsgeschichte.

Wahlrecht. Das Wahlrecht. Von Regierungsrat Dr. Oskar Poensgen. (Nr. 249.)

Behandelt in gedrängter und dabei doch allgemein verständlicher Form die bei der Beurteilung der Wahlrechtssysteme maßgebenden Faktoren sowie die verschiedenen Arten der Wahlrechtssysteme selbst, wobei an den einzelnen Theorien eine von einseitigem Parteistandpunkte freie, aber freimütige, jeweils die Vor- und Nachteile objektiv abwägende Kritik geübt wird und schließt mit einer übersichtlichen, äußerst lehrreichen Darstellung der Wahlrechte in den deutschen, den übrigen europäischen sowie den wichtigsten außereuropäischen Staaten.

Wald. Der deutsche Wald. Von Professor Dr. Hans Hausrath. Mit 15 Abbildungen und 2 Karten. (Nr. 153.)

Schildert unter besonderer Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung die Lebensbedingungen und den Zustand unseres deutschen Waldes, die Verwendung seiner Erzeugnisse sowie seine günstige Einwirkung auf Klima, Fruchtbarkeit, Sicherheit und Gesundheit des Landes und erörtert zum Schlusse die Pflege des Waldes und die Aufgaben seiner Eigentümer, ein Büchlein also für jeden Waldfreund.

Warenzeichenrecht s. Gewerbe.

Wärme. Die Lehre von der Wärme. Gemeinverständlich dargestellt von Professor Dr. Richard Börnstein. Mit 33 Abbildungen. (Nr. 172.)

Bietet eine klare, keine erheblichen Vorkenntnisse erfordernde, alle vorkommenden Experimente in Worten und vielfach durch Zeichnungen schildernde Darstellung der Tatsachen und Gesetze der Wärmelehre. So werden Ausdehnung erwärmter Körper und Temperaturmessung, Wärmemessung, Wärme- und Kältequellen, Wärme als Energieform, Schmelzen und Erstarren, Sieden, Verdampfen und Verflüssigen, Verhalten des Wasserdampfes in der Atmosphäre, Dampf- und andere Wärmemaschinen und schließlich Bewegung der Wärme behandelt.

——— s. a. Chemie; Energie.

Wärmekraftmaschinen. Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen (Gasmaschinen). Von Prof. Richard Vater. 2. Auflage. Mit 34 Abbildungen. (Nr. 21.)

Will Interesse und Verständnis für die immer wichtiger werdenden Gas-, Petroleum- und Benzinmaschinen erwecken. Nach einem einleitenden Abschnitte folgt eine kurze Besprechung der verschiedenen Betriebsmittel, wie Leuchtgas, Kraftgas usw., der Viertakt- und Zweitaktwirkung, woran sich dann das Wichtigste über die Bauarten der Gas-, Benzin-, Petroleum- und Spiritusmaschinen sowie eine Darstellung des Wärmemotors Patent Diesel anschließt.

Wärmekraftmaschinen. Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen. Von Professor Richard Vater. Mit 48 Abbildungen. (Nr. 86.)

Ohne den Streit, ob „Lokomobile oder Sauggasmaschine", „Dampfturbine oder Großgasmaschine", entscheiden zu wollen, behandelt Verfasser die einzelnen Maschinengattungen mit Rücksicht auf ihre Vorteile und Nachteile, wobei im zweiten Teil der Versuch unternommen ist, eine möglichst einfache und leichtverständliche Einführung in die Theorie und den Bau der Dampfturbine zu geben.

——— s. a. Automobil; Dampf.

Wasser s. Chemie.

Wasserkraftmaschinen. Die Wasserkraftmaschinen und die Ausnützung der Wasserkräfte. Von Geh. Regierungs-Rat Albrecht v. Ihering. Mit 73 Figuren. (Nr. 228.)

Führt den Leser vom primitiven Mühlrad bis zu den großartigen Anlagen, mit denen die moderne Technik die Kraft des Wassers zu den gewaltigsten Leistungen auszunützen versteht, und vermittelt an besonders typischen konkreten Beispielen modernster Anlagen einen klaren Einblick in Bau, Wirkungsweise und Wichtigkeit dieser modernen Betriebe.

Weltall. Der Bau des Weltalls. Von Professor Dr. J. Scheiner. 3. Auflage. Mit 24 Figuren und einer Tafel. (Nr. 24.)

Gibt auf Grund des neuesten Standes der Forschung ein anschauliches Bild vom Bau des Weltalls und seinen ungeheuren Größenverhältnissen in Raum und Zeit, beschreibt die Stellung der Erde in ihm und zeigt welches Mittel insbesondere in der Spektralanalyse uns zu seiner Erforschung zu Verfügung stehen und welche Anschauungen wir weiter von der Sonne, den Fixsternen und Nebelflecken gewinnen können.

——— Entstehung der Welt und der Erde, nach Sage und Wissenschaft. Von Professor D. M. B. Weinstein. (Nr. 223.)

Stellt die Lösungen dar, die das uralte und doch nie gelöste Problem der Entstehung der Welt und der Erde einmal in den Sagen aller Völker und Zeiten, andererseits in den wissenschaftlichen Theorien, von den jonischen Naturphilosophen an bis auf Kant, Kelvin und Arrhenius, gefunden hat.

——— s. a. Astronomie.

Weltanschauung. Die Weltanschauungen der großen Philosophen der Neuzeit. Von Professor Dr. Ludwig Busse. 3. Auflage. (Nr. 56.)

Will mit den bedeutendsten Erscheinungen der neueren Philosophie bekannt machen unter Beschränkung auf die Darstellung der großen klassischen Systeme, die es ermöglicht, die beherrschenden und charakteristischen Grundgedanken eines jeden scharf herauszuarbeiten und so ein möglichst klares Gesamtbild der in ihm enthaltenen Weltanschauung zu entwerfen.

——— s. a. Kant; Lebensanschauung; Menschenleben; Philosophie; Rousseau; Schopenhauer; Weltproblem.

Weltäther s. Moleküle.

Welthandel s. Handel; Internationalismus; Verkehrsentwicklung.

Weltproblem. Das Weltproblem von positivistischem Standpunkte aus. Von Privatdozent Dr. Josef Petzoldt. (Nr. 133.)

Sucht die Geschichte des Nachdenkens über die Welt als eine sinnvolle Geschichte von Irrtümern psychologisch verständlich zu machen im Dienste der von Schuppe, Mach und Avenarius vertretenen Anschauung, daß es keine Welt an sich, sondern nur eine Welt für uns gibt. Ihre Elemente sind nicht Atome oder sonstige absolute Existenzen, sondern Farben-, Ton-, Druck-, Raum-, Zeit- usw. Empfindungen. Trotzdem aber sind die Dinge nicht bloß subjektiv, nicht bloß Bewußtseinserscheinungen, vielmehr müssen die aus jenen Empfindungen zusammengesetzten Bestandteile unserer Umgebung fortexistierend gedacht werden, auch wenn wir sie nicht mehr wahrnehmen.

——— s. a. Philosophie; Weltanschauung.

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Übersicht nach Verfassern.

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Band-Nr.

Heilborn, Der Mensch 62
Hellwig, Verbrechen u. Aberglaube 212
Hennig, Einführ. i. d. Wesen d. Musik 119
Hennings, Tierkunde. Eine Einführung in die Zoologie 142
Hensel, Rousseau 180
Hesse, Abstammungslehre und Darwinismus 39
Hubrich, Deutsches Fürstentum und deutsches Verfassungswesen . . . 80
Jäger, Das menschliche Gebiß . . 229
Janson, Meeresforsch. u. Meeresleben 30
Ihering, Wasserkraftmaschinen und die Ausnützung der Wasserkräfte 228
Ilberg, Geisteskrankheiten. . . . 151
Istel, Die Blütezeit der musikalischen Romantik in Deutschland . 239
Kahle, Ibsen, Björnson u. s. Zeitgenoss. 193
Kalweit, Die Stellung der Religion im Geistesleben 225
Kampffmeyer, Die Gartenstadtbewegung 259
Kaupe, Der Säugling 154
Kautzsch, Die deutsche Illustration. 44
Keller, Die Stammesgeschichte unserer Haustiere 252
Kirchhoff, Mensch und Erde. . . 31
Kirn, Die sittlichen Lebenanschauungen der Gegenwart 177
Knabe, Gesch. des deutschen Schulwes. 85
Knauer, Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt 148
— Die Ameisen 94
Kohler, Moderne Rechtsprobleme . 128
Kowalewski, Infinitesimalrechnung 197
Kraepelin, Die Beziehungen der Tiere zueinander 79
Krebs, Haydn, Mozart, Beethoven 92
Kreibig, Die 5 Sinne des Menschen 27
Külpe, Die Philosophie d. Gegenwart 41
— Immanuel Kant. 146
Kümmell, Photochemie. 227
Küster, Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen 112
Kuypers, Volksschule und Lehrerbildung der Ver. Staaten . . . 150
Lampert, Die Welt der Organismen 236
Lange, Schachspiel. 281
Langenbeck, Englands Weltmacht 174
— Geschichte des deutschen Handels . 237
Laughlin, Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben 127
Launhardt, Am sausenden Webstuhl der Zeit 23
Lay, Experimentelle Pädagogik . . 224
Lehmann, Mystik im Heidentum u. Christentum 217
Leick, Krankenpflege 152
Löb, Einführung in die chemische Wissenschaft 264
Loening, Grundzüge der Verfassung des Deutschen Reiches 34
Lotz, Verkehrsentwicklung in Deutschland. 1800—1900 15

Band-Nr.

Lubosch, Vergl. Anatomie d. Sinnesorgane der Wirbeltiere 282
Luschin v. Ebengreuth, D. Münze 91
Maas, Lebensbedingungen der Tiere 139
Maier, Soziale Beweg. u. Theorien 2
von Maltzahn, Der Seekrieg . . 99
Manes, Grundz. d. Versicherungswes. 105
Maennel, Vom Hilfsschulwesen . 73
Martin, Die höhere Mädchenschule in Deutschland 65
Matthaei, Deutsche Baukunst im Mittelalter. 8
May, Korallen 231
Mayer, Heizung und Lüftung . . 241
Mehlhorn, Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu 137
Merckel, Bilder a. d. Ingenieurtechnik 60
— Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit 28
Meringer, Das deutsche Haus und sein Hausrat 116
Meyer, Der Krieg im Zeitalter des Verkehrs und der Technik . . . 271
Mie, Moleküle — Atome — Weltäther 58
Miehe, Die Erscheinungen des Lebens 130
Mielke, Das deutsche Dorf . . . 192
Möller, Deutsches Ringen nach Kraft und Schönheit. I. 188
Möller, Nautik. 255
Muckle, Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrhund. 2 Bde. 269/70
Müller, Techn. Hochschulen v. Nordam. 190
— Bilder aus der chemischen Technik 191
Natorp, Pestalozzi: Sein Leben und seine Ideen 250
v. Negelein, Germ. Mythologie . 95
Neurath, Antike Wirtschaftsgeschichte 258
Nimführ, Luftschiffahrt 300
Oppenheim, Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit . . 110
Otto, Das deutsche Handwerk. . . 14
— Deutsches Frauenleben 45
Pabst, Die Knabenhandarbeit . . 140
Paulsen, D. deutsche Bildungswesen 100
Perry, Die amerik. Universität . . 206
Peter, Die Planeten 240
Petersen, Öffentliche Fürsorge für die hilfsbedürftige Jugend . . . 161
— Öffentliche Fürsorge für die sittlich gefährdete Jugend 162
Petzoldt, Das Weltproblem . . . 133
Pfannkuche, Religion und Naturwissenschaft 141
Pischel, Leben u. Lehre des Buddha 109
Pohle, Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im 19. Jahrh. . 57
Pollitz, Psychologie des Verbrechers 248
Poensgen, Das Wahlrecht 249
v. Portugall, Friedrich Fröbel . . 82
Pott, Der Text d. Neuen Testaments nach seiner geschichtl. Entwicklung 134
Ranck, Kulturgeschichte des deutschen Bauernhauses 121
— Geschichte der Gartenkunst . . . 274
Rathgen, Die Japaner. 72

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Band-Nr.

Rehm, Dtsch. Volksfeste u. Volkssitten 214
Rehmke, Die Seele des Menschen . 36
Reishauer, Die Alpen. 276
Reukauf, Die Pflanzenwelt d. Mikrosk. 181
Richert, Philosophie. 186
— Schopenhauer 81
Richter, Einführung i. d. Philosophie 155
Rietsch, Grundlagen der Tonkunst . 178
von Rohr, Optische Instrumente . 88
Sachs, Bau u. Tätigkeit des menschlichen Körpers 32
Schapire-Neurath, Friedrich Hebbel 238
Scheffer, Das Mikroskop 35
Scheid, Die Metalle 29
Scheiner, Der Bau des Weltalls . 24
Schilling, Fortbildungsschulwesen . 256
Schirmacher, Die mod. Frauenbew. 67
Schmidt, Geschichte des Welthandels 118
Schubring, Rembrandt 158
Schumburg, Die Tuberkulose . . 47
— Die Geschlechtskrankheiten . . . 251
Schwarze, Herbert Spencer . . . 245
Schwemer, Restauration u. Revolut. 37
— Die Reaktion und die neue Ära . 101
— Vom Bund zum Reich. 102
Sieper, Shakespeare 185
von Soden, Palästina 6
Sodeur, Johann Calvin 247
von Sothen, Vom Kriegswesen im 19. Jahrhundert 59
Spiero, Geschichte der deutschen Lyrik seit Claudius 254
Spiro, Geschichte der Musik . . . 143
Staudinger, Konsumgenossenschaft 222
Stein, A., Die Lehre von der Energie 257
— L., Die Anfänge d. menschl. Kultur 93
Steinhausen, Germanische Kultur in der Urzeit 75
Sticher, Gesundheitslehre f. Frauen 171
Strauß, Mietrecht 194
Teichmann, D. Befruchtungsvorgang 70
Tews, Schulkämpfe der Gegenwart 111
— Mod. Erziehung in Haus und Schule 159
Thieß, Deutsche Schiffahrt. . . . 169
Thomsen, Palästina nach seinen neuesten Ausgrabungen 260
Thurn, Die Funkentelegraphie . . 167
Tobler, Kolonialbotanik 184

Band-Nr.

Tollsdorf, Gewerblicher Rechtsschutz in Deutschland 138
Trömner, Hypnotismus und Suggestion 199
Uhl, Entstehung und Entwicklung unserer Muttersprache. 84
Unger, Wie ein Buch entsteht . . 175
Unold, Aufgaben und Ziele des Menschenlebens 12
Vater, Hebezeuge 196
— Theorie und Bau der neueren Wärmekraftmaschinen 21
— Die neueren Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen 86
— Dampf und Dampfmaschine. . . 63
Verworn, Mechanik d. Geisteslebens 200
Doges, Der Obstbau 107
Voigt, Deutsches Vogelleben . . . 221
Volbehr, Bau u. Leben d. bild. Kunst 68
Wachtler, Hellenische Sarkophage 272
Wahrmund, Ehe und Eherecht. . 115
Walzel, Deutsche Romantik . . . 232
Weber, Wind und Wetter. . . . 55
— Von Luther zu Bismarck. 2 Bde. 123. 124
— 1848 53
Wedding, Eisenhüttenwesen . . . 20
Weinel, Die Gleichnisse Jesu . . . 46
Weinstein, Entstehung der Welt und der Erde. 223
Weise, Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit 4
— Die deutschen Volksstämme und Landschaften 16
Wieler, Kaffee, Tee, Kakao und die übrigen narkot. Aufgußgetränke . 132
Wilbrandt, Die Frauenarbeit . . 106
Wislicenus, Der Kalender . . . 69
Witkowski, Das deutsche Drama des 19. Jahrhunderts 51
Wustmann, Albrecht Dürer . . . 97
Zacharias, Süßwasserplankton . . 156
Zander, Vom Nervensystem . . . 48
— Die Leibesübungen. 13
Ziebarth, Kulturbild. a. griech. Städt. 131
Ziegler, Allgemeine Pädagogik . . 33
— Schiller 74
v. Zwiedineck-Südenhorst, Arbeiterschutz u. Arbeiterversicherung 78

Übersichten nach Wissenschaften geordnet.

Allgemeines Bildungswesen. Erziehung und Unterricht.

Das deutsche Bildungswes. in seiner geschichtl. Entwicklung: Prof. Dr. Fr. Paulsen. (100.)
Der Leipziger Student von 1409—1909: Dr. Wilhelm Bruchmüller. (273.)
Allgem. Pädagogik: Prof. Dr. Th. Ziegler. (33.)
Experiment. Pädagogik: Dr. W. A. Lay. (224.)
Moderne Erziehung in Haus und Schule: Lehrer J. Tews. (159.)
Die höhere Mädchenschule in Deutschland: Oberlehrerin M. Martin. (65.)
Vom Hilfsschulwes.: Rekt. Dr. B. Maennel. (73.)
Das deutsche Fortbildungsschulwesen: Dr. Friedrich Schilling. (256.)
Die Knabenhandarbeit in der heutigen Erziehung: Direktor Dr. A. Pabst. (140.)
Geschichte des deutschen Schulwesens: Dir. Dr. K. Knabe. (85.)
Das moderne Volksbildungswesen: Dr. Gottlieb Fritz. (266.)
Schulkämpfe d. Gegenw.: Lehrer J. Tews. (111.)

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.24.

Deutsches Ringen nach Kraft und Schönheit: Turninsp. F. A. Möller. 2 Bände. I. Von Schiller bis Lange. (188.)
Schulhygiene: Prof. Dr. L. Burgerstein. (96.)
Die öffentl. Fürsorge für die hilfsbedürftige Jugend. Die öffentliche Fürsorge f. d. sittlich gefährdete und die gewerblich tätige Jugend: Direktor Dr. J. Petersen. 2 Bde. (161/162.)
Die amerikanische Universität: Prof. E. D. Perry, Ph. D. (206.)
Technische Hochschulen in Nordamerika: Prof. Dr. S. Müller. (190.)
Volksschule u. Lehrerbildung d. Vereinigten Staaten: Dir. Dr. Fr. Kuypers. (150.)
Pestalozzi: Sein Leben und seine Ideen: Prof. Dr. P. Natorp. (250.)
Herbarts Lehren u. Leb.: Past. O. Flügel. (164.)
Friedrich Fröbel: A. v. Portugall. (82.)

Religionswissenschaft.

Leben und Lehre des Buddha: Professor Dr. R. Pischel. (109.)
Mystik im Heidentum u. Christentum: Doz. Dr. Edv. Lehmann. (217.)
Palästina und seine Geschichte: Prof. Dr. H. Frh. v. Soden. (6.)
Palästina nach den neuesten Ausgrabungen: Gymnasialoberl. Dr. Peter Thomsen. (260.)
Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte: Prof. Dr. Fr. Giesebrecht. (52.)
Die Gleichnisse Jesu: Prof. Dr. H. Weinel. (46.)
Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu: Pfarrer Dr. P. Mehlhorn. (137.)
Jesus und seine Zeitgenossen: Pastor K. Bonhoff. (89.)
Der Text des Neuen Testaments nach seiner geschichtl. Entwickl.: Div.-Pfarr. A. Pott. (134.)
Aus der Werdezeit des Christentums: Prof. Dr. J. Geffcken. (54.)
Luther im Lichte der neueren Forschung: Prof. Dr. H. Boehmer. (113.)
Johann Calvin: Pfarrer Dr. G. Sodeur. (247.)
Die Jesuiten: Prof. Dr. H. Boehmer. (49.)
Die religiösen Strömungen der Gegenwart: Superintendent D. theol. A. H. Braasch. (66.)
Die Stellung der Religion im Geistesleben: Dir. Lic. Dr. P. Kalweit. (225.)
Religion und Naturwissenschaft in Kampf und Frieden: Pastor Dr. A. Pfannkuche. (141.)

Philosophie und Psychologie.

Einführung in die Philosophie: Prof. Dr. R. Richter. (155.)
Philosophie. Einführung in die Wissensch., ihr Wesen u. i. Probleme: Dir. H. Richert. (186.)
Führende Denker: Prof. Dr. J. Cohn. (176.)
Die Weltanschauungen der großen Philosophen der Neuzeit: Prof. Dr. L. Busse. (56.)
Die Philosophie der Gegenwart in Deutschland: Prof. Dr. O. Külpe. (41.)
Rousseau: Prof. Dr. P. Hensel. (180.)
Immanuel Kant: Prof. Dr. O. Külpe. (146.)
Schopenhauer: Direktor H. Richert. (81.)
Herbarts Lehre und Leben: Pastor O. Flügel. (164.)
Herbert Spencer: Dr. P. Schwarze. (245.)
Das Weltproblem vom positivistischem Standpunkt aus: Privatdoz. Dr. J. Petzoldt. (133.)
Aufgaben und Ziele des Menschenlebens: Dr. J. Unold. (12.)
Sittliche Lebensanschauungen der Gegenwart: Prof. Dr. O. Kirn. (177.)
Mechanik des Geisteslebens: Prof. Dr. M. Verworn. (200.)
Hypnotismus und Suggestion: Nervenarzt Dr. E. Trömner. (199.) (213.)
Psychologie des Kindes: Prof. Dr. R. Gaupp.
Psychologie d. Verbrechers: Dr. P. Pollitz. (248.)
D. Seele d. Menschen: Prof. Dr. J. Rehmke. (36.)

Literatur und Sprache.

Die Sprachstämme des Erdkreises: Prof. Dr. Fr. N. Finck. (267.)
Die Haupttypen des menschlichen Sprachbaues: Prof. Dr. Fr. N. Finck. (268.)
Schrift- u. Buchwesen: Prof. Dr. O. Weise. (4.)
Entstehung u. Entwicklung unserer Muttersprache: Prof. Dr. W. Uhl. (84.)
D. deutsche Volkslied: Dr. J. W. Bruinier. (7.)
Die deutsche Volkssage: Dr. Otto Böckel. (262.)
Friedrich Hebbel: Dr. Anna Schapire-Neurath. (238.)
Schiller: Prof. Dr. Th. Ziegler. (74.)
Deutsche Romantik: Prof. Dr. O. Walzel. (232.)
Das deutsche Drama des 19. Jahrh.: Prof. Dr. G. Witkowski. (51.)
Das Theater: Dr. Chr. Gaehde. (230.)
Geschichte der deutschen Lyrik seit Claudius: Dr. H. Spiero. (254.)
Henrik Ibsen, Björnstjerne Björnson u. ihre Zeitgenossen: Prof. Dr. B. Kahle. (193.)
Shakespeare: Prof. Dr. E. Sieper. (185.)

Bildende Kunst und Musik.

Bau und Leben der bildenden Kunst: Dir. Dr. Th. Volbehr. (68.)
Hellenistische Sarkophage: Dr. H. Wachtler. (272.)
Deutsche Baukunst im Mittelalter: Prof. Dr. A. Matthaei. (8.)
Die deutsche Illustration: Prof. Dr. R. Kautzsch. (44.)
Deutsche Kunst im tägl. Leben bis zum Schluß des 18. Jahrh.: Prof. Dr. B. Haendcke. (198)
Albrecht Dürer: Dr. R. Wustmann. (97.)
Rembrandt: Prof. Dr. P. Schubring. (158.)
Die ostasiatische Kunst: Dir. Dr. R. Graul. (87.)
Kunstpflege in Haus und Heimat: Super. R. Bürkner. (77.)
Geschichte der Gartenkunst: Bauinspektor Reg.-Baumeister Rand. (274.)
Geschichte der Musik: Dr. Fr. Spiro. (143.)
Haydn, Mozart, Beethoven: Prof. Dr. C. Krebs. (92.)
Die Grundlagen der Tonkunst: Prof. Dr. H. Rietsch. (178.)
Einführung in das Wesen der Musik: Prof. C. R. Hennig. (119.)
Die Blütezeit der musikalischen Romantik in Deutschland: Dr. E. Istel. (239.)

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Geschichte u. Kulturgeschichte.

Die Anfänge der menschlichen Kultur: Prof. Dr. L. Stein. (93.)
Kulturbilder aus griechischen Städten: Oberlehrer Dr. E. Ziebarth. (131.)
Pompeji, eine hellenistische Stadt in Italien: Prof. Dr. F. v. Duhn. (114.)
Soziale Kämpfe im alten Rom: Priv.-Doz. Dr. L. Bloch. (22.) (244.)
Byzantin. Charakterköpfe: Dr. K. Dieterich.
Germanische Kultur in der Urzeit: Prof. Dr. G. Steinhausen. (75.)
Germanische Mythologie: Dozent Dr. J. v. Negelein. (95.)
Kulturgeschichte des deutschen Bauernhauses: Reg.-Baumeister Chr. Ranck. (121.)
Das deutsche Dorf: R. Mielke. (192.)
Das deutsche Haus und sein Hausrat: Prof. Dr. R. Meringer. (116.)
Deutsche Städte und Bürger im Mittelalter: Prof. Dr. B. Heil. (43.)
Die deutsche Volkssage. Dr. Otto Böckel. (262.)
Deutsche Volksfeste u. Volkssitten: H. S. Rehm. (214.)
Historische Städtebilder aus Holland u. Niederdeutschland: Reg.-Baum. A. Erbe. (117.)
Das deutsche Handwerk in seiner kulturgeschichtl. Entwickl.: Dir. Dr. Ed. Otto. (14.)
Deutsches Frauenleben im Wandel der Jahrhunderte: Dir. Dr. Ed. Otto. (45.)
Der Leipziger Student von 1409—1909: Dr. Wilhelm Bruchmüller. (273.)
Buchgewerbe und die Kultur: Professoren Dr. R. Focke, Dr. G. Witkowski, Dr. R. Kautzsch, Dr. R. Wuttke, Dr. H. Waentig, Privatdozent Lic. Dr. Hermelink. (182.)
Die Münze als historisches Denkmal: Prof. Dr. A. Luschin von Ebengreuth. (91.)
Von Luther zu Bismarck: Prof. Dr. G. Weber. 2 Bände. (123/124.)
Politische Hauptströmungen in Europa im 19. Jahrhund.: Prof. Dr. K. Th. v. Heigel. (129.) |(37.)
Restauration u. Revol.: Prof. Dr. R. Schwemer.
Die Reaktion und die neue Ära: Prof. Dr. R. Schwemer. (101.)
Vom Bund zum Reich: Prof. Dr. R. Schwemer.
1848: Prof. Dr. O. Weber. (53.) |(102.)
Das Zeitalter der Entdeckungen: Prof. Dr. S. Günther. (26.) |(174.)
Englands Weltmacht: Prof. Dr. W. Langenbeck.
Napoleon I.: Priv.-Doz. Dr. Th. Bitterauf. (195.)
Österreichs innere Geschichte von 1848 bis 1907. 2 Bände. R. Charmatz. (242/243.)
Geschichte der Vereinigten Staaten: Prof. Dr. E. Daenell. (147.)
Vom Kriegswesen im 19. Jahrh.: Major O. v. Sothen. (59.) |(99.)
Der Seekrieg: Vizeadmir. K. v. Maltzahn.
Der Krieg im Zeitalter des Verkehrs und Technik: Hauptmann Meyer. (271.) |(157.)
Die mod. Friedensbewegung: A. H. Fried.
Die mod. Frauenbeweg.: Dr. K. Schirmacher. (67.) |(69.)
Der Kalender: Prof. Dr. W. F. Wislicenus.

Rechts- und Staatswissenschaft. Volkswirtschaft.

Deutsches Fürstentum und deutsches Verfassungswesen: Prof. Dr. E. Hubrich. (80.)
Grundzüge der Verfassung des Deutschen Reiches: Prof. Dr. E. Loening. (34.)
Soziale Bewegungen: G. Maier. (2.)
Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrhundert. 2 Bde.: Dr. Friedrich Muckle. (269/270.) |(226.)
Internat. Leben der Gegenwart: A. H. Fried.
Geschichte d. Welthandels: Dr. Schmidt. (118.)
Geschichte des deutschen Handels: Prof. Dr. W. Langenbeck. (237.)
Deutschlands Stellung in der Weltwirtschaft: Prof. Dr. P. Arndt. (179.)
Deutsches Wirtschaftsleben: Dr. Gruber. (42.)
Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im letzten Jahrh.: Prof. Dr. L. Pohle. (57.) |(215.)
Die deutsche Landwirtschaft: Dr. W. Claaßen.
Innere Kolonisation: A. Brenning. (261.)
Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben: Prof. Dr. J. L. Laughlin. (127.)
Die Japaner und ihre wirtschaftliche Entwicklung: Prof. Dr. K. Rathgen. (72.)
Die antike Wirtschaftsgeschichte: Dr. Otto Neurath. (258.)
Gartenstadtbewegung: Generalsekretär Hans Kampffmeyer. (259.) |(50.)
Bevölkerungslehre: Prof. Dr. M. Haushofer.
Arbeiterschutz u. Arbeiterversicherung: Prof. Dr. O. v. Zwiedineck-Südenhorst. (78.)
Konsumgenossenschaft: Prof. Dr. Staudinger. (222.) |(106.)
Frauenarbeit: Privatdoz. Dr. R. Wilbrandt.
Grundzüge des Versicherungswesens: Prof. Dr. A. Manes. (105.)
Verkehrsentwicklung in Deutschland 1800 bis 1900: Prof. Dr. W. Lotz. (15.)
Das Postwesen: Postrat J. Bruns. (165.)
Die Telegraphie: Postrat J. Bruns. (183.)
Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik: Telegr.-Insp. H. Brick. (235.)
Deutsche Schiffahrt und Schiffahrtspolitik der Gegenwart: Prof. Dr. K. Thieß. (169.)
Moderne Rechtsprobleme: Prof. Dr. J. Kohler. (128.)
Verbrechen u. Aberglaube: Kammergerichtsreferendar Dr. A. Hellwig. (212.)
Die Jurisprudenz im häusl. Leben: Rechtsanwalt P. Bienengräber. 2 Bde. I. Die Familie. II. Der Haushalt. (219/220.)
Ehe und Eherecht: Prof. Dr. L. Wahrmund. (115.)
Der gewerbliche Rechtsschutz: Patentanwalt B. Tolksdorf. (138.)
Die Miete nach dem BGB.: Rechtsanwalt Dr. M. Strauß. (194.) |(249.)
Das Wahlrecht: Reg.-Rat Dr. P. Poensgen.

Erdkunde.

Mensch und Erde: Prof. Dr. A. Kirchhoff. (31.) |(122.)
Wirtschaftl. Erdkunde: Prof. Dr. Chr. Gruber.

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Die deutschen Volksstämme und Landschaften: Prof. Dr. O. Weise. (16.)
Die deutschen Kolonien. Land und Leute: Dr. A. Heilborn. (98.)
Die Städte, geogr. betrachtet: Prof. Dr. K. Hassert. (163.)
Der Orient: Ew. Banse. 3 Bde. (277, 278, 279.)
Die Polarforschung: Prof. Dr. K. Hassert. (38.)
Meeresforsch. u. Meeresleben: Dr. O. Janson. (30.)
Die Alpen: H. Reishauer. (276.)

Anthropologie. Heilwissenschaft und Gesundheitslehre.

Der Mensch: Dr. A. Heilborn. (62.)
Die Anatomie des Menschen: Prof. Dr. K. v. Bardeleben. 5 Bde. I. Allg. Anatomie und Entwicklungsgeschichte. II. Das Skelett. III. Das Muskel- u. Gefäßsystem. IV. Die Eingeweide. V. Statik und Mechanik des menschlichen Körpers. (201—204, 263.)
Bau und Tätigkeit des menschl. Körpers: Privatdozent Dr. H. Sachs. (32.)
Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre: Prof. Dr. H. Buchner. (1.)
Die mod. Heilwissenschaft: Dr. Biernacki. (25.)
Der Arzt: Dr. Moritz Fürst. (265.)
Der Aberglaube in der Medizin: Prof. Dr. D. v. Hansemann. (83.)
Die Leibesübungen: Prof. Dr. R. Zander. (13.)
Ernährung und Volksnahrungsmittel: Prof. Dr. J. Frentzel. (19.)
Der Alkoholismus, seine Wirkungen und seine Bekämpfung. 3 Bde. 103—104, 145.
Krankenpflege: Chefarzt Dr. B. Leick. (152.)
Vom Nervensystem: Prof. Dr. R. Zander. (48.)
Geisteskrankheiten: Oberarzt Dr. G. Ilberg. (151.)
Die Geschlechtskrankheiten: Gen.-Oberarzt Prof. Dr. Schumburg. (251.)
Die fünf Sinne des Menschen: Prof. Dr. C. Kreibig. (27.)
Psychologie des Kindes: Prof. Dr. R. Gaupp. (213.)
Hypnotismus u. Suggestion: Dr. E. Trömner. (199.)
Das Auge des Menschen: Privatdozent Dr. G. Abelsdorff. (149.)
Die menschl. Stimme: Prof. Dr. Gerber. (136.)
Das menschl. Gebiß, seine Erkrankung und seine Pflege: Zahnarzt Fr. Jäger. (229.)
Die Tuberkulose: Gen.-Oberarzt Prof. Dr. W. Schumburg. (47.)
Der Säugling: Kinderarzt Dr. W. Kaupe. (154.)
Gesundheitslehre für Frauen: Privatdoz. Dr. R. Sticher. (171.)

Naturwissenschaften. Mathematik.

Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre: Prof. Dr. F. Auerbach. (40.)
Die Lehre von der Energie: A. Stein. (257.)
Moleküle, Atome, Weltäther: Prof. Dr. G. Mie. (58.)
Das Licht u. die Farben: Prof. Dr. L. Graetz. (17.)
Sichtbare u. unsichtbare Strahlen: Professoren Dr. R. Börnstein u. Dr. W. Marckwald. (64.)
Einführung in die chemische Wissenschaft: Dr. Walter Löb. (264.)
Die optischen Instrumente: Dr. M. v. Rohr. (88.)
Spektroskopie: Dr. L. Grebe. (284.)
Das Mikroskop: Dr. W. Scheffer. (35.)
Das Stereoskop: Prof. Th. Hartwig. (135.)
Die Lehre von der Wärme: Professor Dr. R. Börnstein. (172.)
Luft, Wasser, Licht und Wärme: Prof. Dr. R. Blochmann. (5.)
Natürliche und künstliche Pflanzen- u. Tierstoffe: Oberl. Dr. B. Bavink. (187.)
Die Erscheinungen des Lebens: Privatdoz. Dr. H. Miehe. (130.)
Abstammungslehre und Darwinismus: Prof. Dr. R. Hesse. (39.)
Der Befruchtungsvorg.: Dr. E. Teichmann. (70.)
Werden und Vergehen der Pflanzen: Prof. Dr. P. Gisevius. (173.)
Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen: Professor Dr. E. Küster. (112.)
Unsere wichtigsten Kulturpflanzen: Prof. Dr. K. Giesenhagen. (10.)
Der deutsche Wald: Prof. Dr. H. Hausrath. (153.)
Der Obstbau: Dr. E. Voges. (107.)
Kolonialbotanik: Privatdoz. Dr. Fr. Tobler. (184.)
Kaffee, Tee, Kakao: Prof. Dr. A. Wieler. (132.)
Die Pflanzenwelt des Mikroskops: Bürgerschullehrer E. Reukauf. (181.)
Die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt: Prof. Dr. K. Kraepelin. (79.)
Tierkunde. Einführung in die Zoologie: Privatdozent Dr. C. Hennings. (142.)
Vergl. Anatomie der Sinnesorgane der Wirbeltiere: Prof. Dr. Wilh. Lubosch. (282.)
Die Stammesgeschichte unserer Haustiere: Prof. Dr. C. Keller. (252.)
Die Fortpflanzung der Tiere: Priv.-Doz. Dr. Goldschmidt. (253.)
Deutsches Vogelleben: Prof. Dr. A. Voigt. (221.)
Korallen u. and. gesteinsbildende Tiere: Prof. Dr. W. May. (231.)
Lebensbedingungen u. Verbreitung der Tiere: Prof. Dr. O. Maas. (139.)
Die Tierwelt des Mikroskops (Urtiere): Priv.-Doz. Dr. R. Goldschmidt. (160.)
Die Bakterien: Prof. Dr. E. Gutzeit. (233.)
Die Welt d. Organismen: Prof. Dr. Lampert. (236.)
Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt: Dr. Fr. Knauer. (148.)
Die Ameisen: Dr. Fr. Knauer. (94.)
Das Süßwasser-Plankton: Direktor Dr. O. Zacharias. (156.)
Der Kampf zwischen Mensch u. Tier: Prof. Dr. K. Eckstein. (18.)
Wind und Wetter: Prof. Dr. L. Weber. (55.)
Der Bau d. Weltalls: Prof. Dr. J. Scheiner. (24.)
Die Entstehung der Welt und der Erde nach Sage u. Wissenschaft: Geh. Reg.-Rat Prof. D. M. B. Weinstein. (223.)
Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit: Prof. Dr. S. Oppenheim. (110.)
Der Mond: Prof. Dr. J. Franz. (90.)

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Der Kalender: Prof. Dr. W. F. Wislicenus. (69.)

Aus der Vorzeit der Erde: Prof. Dr. Fr. Frech. 5 Bände. 1. Gebirgsbau und Vulkanismus. (In Vorb.) 2. Kohlenbildung und Klima der Vorzeit. (In Vorb.) 3. Die Arbeit des fließenden Wassers. Eine Einleitung in die physikalische Geologie. 4. Die Arbeit des Ozeans und die chemische Tätigkeit des Wassers im allgemeinen. 5. Gletscher und Eiszeit. (In Vorb.) (207/11.)

Arithmetik und Algebra: Prof. P. Crantz. 2 Bände. (120. 205.)

Einführung in die Infinitesimalrechnung: Prof. Dr. G. Kowalewski. (197.)

Mathematische Spiele: Dr. W. Ahrens. (170.)

Das Schachspiel und seine strategischen Prinzipien: Dr. Max Lange. (281.)

Angewandte Naturwissenschaft. Technik.

Am sausenden Webstuhl der Zeit: Prof. Dr. W. Launhardt. (23.)

Die Uhr. Grundlagen und Technik der Zeitmessung: Reg.-Bauführer Ing. H. Bock. (216.)

Bilder aus der Ingenieurtechnik: Baurat K. Merckel. (60.)

Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit: Baurat K. Merckel. (28.)

Der Eisenbetonbau: Diplom-Ing. Em. Haimovici. (275.)

Das Eisenhüttenwesen: Prof. Dr. H. Wedding. (20.)

Die Metalle: Prof. Dr. K. Scheid. (29.)

Hebezeuge: Prof. R. Vater. (196.)

Dampf u. Dampfmaschine: Prof. R. Vater. (63.)

Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen: Prof. R. Vater. (21.)

Neuere Fortschritte auf d. Gebiete der Wärmekraftmaschinen: Prof. R. Vater. (86.)

Wasserkraftmaschinen: Geh. Rat A. v. Ihering. (228.)

Die Eisenbahnen, ihre Entstehung und gegenwärtige Verbreitung: Prof. Dr. F. Hahn. (71.)

Heizung und Lüftung: Ingenieur Johann Eugen Mayer. (241.)

Die technische Entwicklung der Eisenbahnen: Eisenbahn-Bauinsp. E. Biedermann. (144.)

Das Automobil: Ingenieur K. Blau. (166.)

Luftschiffahrt: Dr. Raimund Nimführ. (300.)

Grundlagen der Elektrotechnik: Dr. R. Blochmann. (168.)

Telegraphie und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung: Telegr.-Insp. H. Brick. (235.)

Drähte und Kabel in der Elektrotechnik: Telegr.-Insp. H. Brick. (285.)

Funkentelegraphie: Ober-Postpraktikant H. Thurn. (167.)

Nautik: Oberlehrer Dr. Johannes Möller. (255.)

Die Beleuchtungsarten der Gegenwart: Dr. W. Brüsch. (108.)

Wie ein Buch entsteht: Prof. A. W. Unger. (175.)

Natürliche und künstliche Pflanzen- u. Tierstoffe: Oberlehrer Dr. B. Bavink. (187.)

Bilder aus der chemischen Technik: Dr. A. Müller. (191.)

Die Sprengstoffe: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Rudolf Biedermann. (286.)

Photochemie: Prof. Dr. G. Kümmell. (227.)

Die Photographie: Dr. S. Hausmann. (280.)

Elektrochemie: Prof. Dr. K. Arndt. (234.)

Die Naturwissenschaften im Haushalt: Dr. J. Bongardt. (125/126.)

Chemie in Küche u. Haus: Prof. Dr. G. Abel. (76.)

Inzwischen ist ferner erschienen:

Gerhart Hauptmann: Professor Dr. Emil Sulger-Gebing. (283.)

Außerdem befinden sich in Vorbereitung:

Das deutsche Unterrichtswesen der Jetztzeit: Dir. Dr. Knabe. (299.)

Christentum und Weltgeschichte: Prof. Dr. Karl Sell. (297/98.)

Das Drama: Dr. Bruno Busse. (287/89)

Das moderne Orchester: Professor Dr. F. Volbach. (308.)

Mittelalterliche Kulturideale: Professor Dr. Vald. Vedel. (292/95.)

Die deutschen Personennamen: Professor Dr. A. Bähnisch. (296.)

Finanzwissenschaft: Dr. S. P. Altmann. (306.)

Unsere Schutzgebiete nach ihren wirtschaftlichen Verhältnissen, im Lichte der Erdkunde dargestellt: Dr. Chr. G. Barth. (290.)

Die krankheiterregenden Bakterien: Privatdozent Dr. Max Loehlein. (307.)

Die Eiszeit und der vorgeschichtliche Mensch: Geh. Bergrat Professor Dr. G. Steinmann. (302.)

Mechanik: Kaiserl. Geh. Reg.-Rat A. von Ihering. (303/05)

Das Wasser: Privatdozent Dr. O. Anselmino. (291.)

Maschinenelemente: Prof. Rich. Vater. (301.)